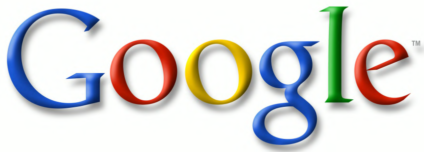




Handbuch der Pflanzenkrankheiten

Paul Sorauer

Handbuch

der

Pflanzenkrankheiten.

Für Landwirthe, Gärtner, Forstleute und Botaniker

bearbeitet von

Dr. Paul Sorauer,

Dirigent der pflanzenphysiologischen Versuchsstation am Kgl. Pomologischen Institut zu Proskau.

Zweite, neubearbeitete Auflage.



Erster Theil.

Die nicht-parasitären Krankheiten.

Mit 19 lithographirten Tafeln und 61 Textabbildungen.

Berlin.

Verlag von Paul Parey.

Verlagshandlung für Landwirthschaft, Gartenbau und Forstwesen

1886.

Vorwort.

Durch das vorliegende Werk sucht der Verfasser die Aufgabe zu lösen, die durch neue Forschungen bedeutend erweiterte Lehre von den Krankheiten der Kulturgewächse in einer Weise darzustellen, daß sie auch solchen Leserkreisen zugänglich würde, deren praktischer Beruf ein eingehenderes botanisches Vorstudium nicht zugelassen hat. Eine neue Bearbeitung der Phytopathologie schien darum nützlich, weil einerseits seit dem Erscheinen der letzten speziellen Bearbeitungen dieser Disciplin eine bedeutende Anzahl sehr gediegener Forschungen neu hinzugekommen sind und weil andererseits die früheren Bücher die Krankheiten der Gartenpflanzen, namentlich der Obstbäume, sehr wenig oder gar nicht berücksichtigt haben.

Wenn der Forscher von Fach in dem vorliegenden Werke vielleicht auch einzelne Arbeiten vermißt, deren Erwähnung ihm wünschenswerth erscheint, so mag dieser Mangel mit den Schwierigkeiten entschuldigt werden, die sich der Erlangung der sehr zerstreuten, einzelnen Abhandlungen, namentlich ausländischer Forscher, entgegenstellen. Andererseits hat aber auch eine absichtliche Beschränkung in der Wahl des Stoffes stattfinden müssen, weil die Richtung des Werkes das praktisch Verwerthbare in eingehender Behandlung verlangt.

Bei dieser Richtung erscheint es nothwendig, in einer Einleitung den Bau und die Arbeit des gesunden Pflanzenkörpers so weit zur Besprechung zu ziehen, als es für das Verständniß der im Folgenden behandelten Krankheiten erforderlich ist. Für ebenso nothwendig aber hält der Verfasser die Darstellung der wesentlichsten Krankheiten durch Abbildungen. Um letztere möglichst gut und richtig zu liefern, ist ein Teil der Originalzeichnungen von de Bary, Brefeld, Fischer von Waldheim, Rehm, Sachs, Graf Solms-Laubach, Schröter und von den

Gebrüdern Tulasne kopirt worden. Die bisher fehlenden, aber zu einer Erkennung der Krankheiten für den Ungeübten ungemein wichtigen Habitusbilder sind, ebenso wie die anatomischen Figuren, welche vereinzelte neue Beobachtungen des Verfassers wiedergeben, nach der Natur von der bewährten Hand des Herrn Lithographen Meyn in Berlin gezeichnet worden.

Um der Darstellung die für größere Leserkreise nothwendige Einfachheit zu erhalten, sind die Nachweise der Quellen, aus denen der Verfasser schöpfte, sowie diejenigen Notizen, welche mehr für den Fachmann geschrieben sind, in der Form von Anmerkungen beigegeben worden. In den dort anzutreffenden Synonymen finden sich bisweilen dieselben Namen verschieden geschrieben; dies erklärt sich aus der beibehaltenen Schreibweise der verschiedenen Autoren, von denen die Namen angewendet worden sind. Zur Erleichterung des Ueberblickes über das gebotene Material sind auch die deutschen gebräuchlichsten Namen aller der Pflanzen in das Register aufgenommen worden, deren Krankheiten sich im Buche erwähnt finden, so daß es auf diese Weise auch demjenigen Praktiker möglich wird, eine Krankheit zu bestimmen, der den botanischen Namen der Nährpflanze nicht kennt. Die während des Druckes noch erschienenen wissenschaftlichen Arbeiten sind, soweit wie möglich, wenigstens in Anmerkungen noch angezeigt worden.

Proskau, den 1. Dezember 1873.

Paul Sorauer.

Vorwort zur zweiten Auflage.

Die bedeutende Ausdehnung der zweiten Auflage resultirt einerseits von der Menge des neuen Materials, andererseits aber auch aus einer eingehenderen Behandlung einzelner Kapitel.

Der Beweggrund für letztgenannte Erweiterung ist für mich die Ueberzeugung gewesen, daß die Lehre von den Pflanzenkrankheiten berufen ist, ein sehr wesentliches Förderungsmittel der gesammten Pflanzenkultur zu bilden. Krankheiten hat es bei wildwachsenden und Kulturpflanzen stets gegeben; aber ihr Einfluß und ihre Bedeutung sind bei der erhöhten Kulturentwicklung andere geworden. Der erhöhte Werth der Bodenprodukte und die Nothwendigkeit für den Pflanzenzüchter, selbst die kleinsten Nutzwerthe zu berücksichtigen, erhöhen jetzt auch den Werth des durch Krankheiten verursachten Ausfalls, selbst wenn die Zahl der Erkrankungsfälle stets dieselbe bliebe. Ich bin aber der Meinung, daß die Störungen des Organismus in dem Grade vielseitiger werden, als unsere Kulturmittel an Zahl wachsen und daß auch die Intensität der einzelnen Krankheit leicht zunehmen kann, da durch die in Massen zusammenstehenden Kulturpflanzen die Leichtigkeit der Uebertragung erhöht wird.

Als Beispiel dafür, daß die Complicirung der Kulturmittel die Erkrankungsmöglichkeit vergrößert, darf die Erfahrung angeführt werden, daß wir bei unpassender Verwendung künstlicher Dünge- und Beizmittel das Pflanzenwachsthum schädigen. Derartige Störungen kommen erst mit diesen künstlichen Hülfsmitteln und verschwinden, sobald wir dieselben beherrschen gelernt haben, um andern neuen Krankheitserscheinungen Platz zu machen. Daß die Massenkultur im felderweisen Anbau die Zahl der Erkrankungsfälle steigert, zeigen diejenigen parasitären Krankheiten recht deutlich, bei denen der Schmarotzer an ganz bestimmte Nährpflanzen ge-

bunden ist. Der dichte Stand der Pflanzen erleichtert die Uebertragung von Vermehrungsorganen der Pilze in dem Maße, daß in kurzer Zeit ein ganzes Feld gleichmäßig erkrankt ist.

Es ist also ersichtlich, daß die Anzahl der Erkrankungsfälle bei unsern Kulturen wächst und daß der Werth der durch die Krankheiten hinweggerafften Individuen sich in dem Maße steigert, als die pflanzlichen Produkte selbst an Werth gewinnen.

Somit wächst für Alle, welche die Pflanzenkultur als Erwerbszweig betreiben, die Dringlichkeit, Schutz gegen die Krankheiten zu suchen. Ein solcher Schutz, den die bisher nur spärlich bekannten, wirklich erprobten Heilmittel oder die eine größere Zukunft besitzenden Vorbeugungsmaßregeln gewähren, kann aber erst dann eintreten, wenn der Pflanzenzüchter selbst im Stande ist, die Krankheit zu erkennen und zu beurtheilen. Sich auf eine fernstehende, wissenschaftliche Hülfe zu verlassen, ist darum mißlich, weil selbst für den Fall genügend vorhandener, wissenschaftlicher Kräfte oft nur die Untersuchung an Ort und Stelle ein sicheres Urtheil gestattet und weil meist zu viel Zeit verloren geht, bevor der Forscher rathend einzutreten vermag. Und doch handelt es sich vielfach um schnelles Eingreifen bei der ersten Wahrnehmung von Störungen.

Soll also ein Ankämpfen gegen die Krankheiten Erfolg haben, dann müssen Landwirth, Gärtner und Forstmann in der Lage sein, selbst die Störungen in ihren Kulturen beurtheilen zu können, d. h. die **Lehre von den Krankheiten der Pflanzen muß Allgemeingut der praktischen Pflanzenzüchter werden.**

Von diesem Gesichtspunkte aus ist das Buch bearbeitet worden und dadurch rechtfertigt sich die Ungleichartigkeit in der Darstellung des Materials. Es mußten nämlich diejenigen Störungen des Pflanzenlebens, welche besonders häufig vorkommen, sehr ausführlich und, in dem Bestreben, dem mit anatomischen Vorkenntnissen nicht ausgerüsteten Praktiker verständlich zu sein, sogar manchmal in gewisser Breite behandelt werden. Ich wünschte, daß sich der Praktiker an den gewöhnlichsten, ihm entgegentretenden Erscheinungen in die Materie hineinarbeiten möchte, um eben im Stande zu sein, sich bei plötzlich auftretenden Krankheiten so lange selbst zu helfen, bis er wissenschaftliche Unterstützung erlangen kann. Der praktische Züchter soll kein Phytopathologe sein, so wenig, wie er Thierarzt sein soll; aber er soll für den Fall der Noth mit so viel Vorkenntnissen ausgestattet sein, daß er vorläufig die richtigen Maßregeln zu treffen versteht.

Die Ausführlichkeit der Bearbeitung erstreckt sich nicht nur auf die

rein landwirthschaftlichen Kulturpflanzen, sondern bei dem Umstande, daß Landwirth und Forstmann zur Erhöhung der Einnahmen alljährlich mehr und mehr auf die Gartenkultur hingewiesen werden, auch namentlich auf die Obstbaumzucht. Ueberall, auch bei den kurz behandelten, wissenschaftlich zwar gleichwerthigen, dem Praktiker aber fernerliegenden Krankheitsfällen ist auf die begründende, wissenschaftliche Literatur hingewiesen worden.

Bei den Krankheiten, deren Ursache noch nicht mit Sicherheit festgestellt worden ist, habe ich nach eigenem Urtheil die Einreihung in das System vorgenommen, dabei aber nicht unterlassen, hervorzuheben, in wie weit ich mich auf Hypothesen stützen mußte; auch ist, wie früher, das dem Praktiker weniger interessante, mehr für den Botaniker bestimmte Material in Form von Anmerkungen durch den Druck kenntlich gemacht worden.

Mehr noch aber wie früher, glaubte ich, wegen mancher, von hochachtbarer Seite erfolgten Bekämpfung meines wissenschaftlichen Standpunktes in der Pathologie diesen zum Ausdruck bringen zu müssen. Derselbe läßt sich dahin zusammenfassen, daß bei den meisten parasitären Krankheiten der Parasit stets empfänglichere und widerstandsfähigere Varietäten und Individuen findet. Die größere Empfänglichkeit ist in den meisten Fällen durchaus kein an sich krankhafter Zustand, sondern liegt innerhalb der Breite der Gesundheit. Es ist nicht selten nur eine später wieder vorübergehende Phase der Nährpflanze, die sich durch eine dem Pilze besonders zusagende Stoffcombination oder (was häufiger) durch eine die Pilzansiedlung begünstigende gestaltliche Modification auszeichnet. Solche Prädisposition sehen wir beispielsweise in dem Jugendzustande der Pflanzentheile, wo der (analytisch nachgewiesene) große Bedarf der Pilze an Stickstoff, Kali und Phosphorsäure am schnellsten befriedigt werden kann; andererseits wird die Anhäufung von Zucker, manchmal auch schon der größere Wasserreichthum in einem Pflanzentheile das Wachsthum der Schmarotzer sehr begünstigen. Experimentelle Beweise von J. Kühn u. A. finden sich mehrfach im Text des Buches.

Noch maßgebender sind nach meinem Dafürhalten die gestaltlichen Abweichungen, welche gesunde Pflanzen bisweilen zeigen und welche die Besiedlungsfähigkeit durch einen Parasiten veranlassen können. Vorzugsweise habe ich hierbei die bisher wenig beachteten Lockerungen in der natürlichen Schutzschicht der Pflanzentheile im Auge. Abgesehen von den als „Wundparasiten“ im Buche aufgeführten, zahlreichen Pilzen, die nur auf den durch Abtrennung einzelner Glieder entstandenen Wundflächen sich ansiedeln können, haben wir auch Pilze, welchen die kleinen, kaum

merklichen Verletzungen der einen Pflanzentheil überziehenden Wachsschicht, sowie der Korklagen oder der Rindenzellwand schon genügen, um sich fest-festzusetzen und Zersetzung einzuleiten, wie wir dies bei der Fäulniß des Obstes beispielsweise mit Leichtigkeit wahrzunehmen vermögen. Man kann Aepfel, Pflaumen, zartschalige, reife Weinbeeren u. dgl. wochenlang in feuchter, warmer Atmosphäre mit den die Fäulniß veranlassenden Pilzen in Berührung lassen, ohne eine Zersetzung befürchten zu müssen, falls man die Vorsicht gebraucht hat, vollkommen unverletzte Früchte auszuwählen und die am schnellsten sich lockernde Ansatzstelle am Stiel durch einen Kitt zu verschließen. In andern Fällen liefern die Lenticellen die Eintrittsstellen; manchmal jedoch läßt sich beobachten, daß dies nur dann der Fall ist, wenn andauernd feuchte Luft eine besonders üppige Entwicklung des Pilzes und gleichzeitig des Lenticellengewebes einleitet. Nicht selten sind es Sprünge in der Oberfläche des Pflanzentheils, die durch Spannungsdifferenzen entstehen. Letztere treten z. B. auf, wenn einzelne Stellen der Oberfläche durch Vertrocknung oder Verkorkung sich ändern, wie sich dies als Nachwirkung von Sonnenbrand, Frost, ausgeheilten Pilz- und Insektenangriffen 2c. gar nicht selten einstellt. Bei dem Obst finden wir auch wieder ein sehr häufiges Beispiel. Die Aepfel leiden in manchen Jahren an den sog. Regenflecken oder Schorfstellen, welche die Folge der frühen Einwanderung eines nie tief in das Fruchtfleisch hinabgehenden Pilzes (Fusicladium) sind. Die Pilzpolster werden später oftmals abgestoßen und die Wundfläche durch Kork gedeckt. An diesen Korkstellen entstehen am leichtesten schwache Risse, welche im Herbst und Winter die Einwanderungsstellen für die Fäulnißpilze abgeben.

Im weiteren Verfolg derartiger Thatsachen läßt sich nun vielfach nachweisen, daß diese prädisponirenden Zustände in ihrem Auftreten oder in der Dauer ihrer Erscheinung von den Vegetationsbedingungen abhängig sind, unter denen die Nährpflanzen zur Entwicklung gelangen. Wir können jetzt schon auf eine ganze Anzahl von Forschungs-Resultaten namhafter Physiologen hinweisen, welche darthun, wie auffallende, stoffliche und gestaltliche Unterschiede sich bei derselben Spezies der Nährpflanze zeigen, je nachdem dieselbe bei Lichtreichthum oder Lichtarmuth, bei Wasserüberschuß oder -Mangel u. s. w. zu wachsen gezwungen ist.

Es liegen somit schon experimentelle Beweise vor, welche die Abhängigkeit der parasitären Erkrankung von den Vegetationsbedingungen darthun, denen die Nährpflanze unterworfen ist oder war.

Insofern wir nun im Stande sind, die einzelnen Faktoren, von denen der Aufbau des Pflanzenkörpers abhängig ist, zu beeinflussen, können wir

auch lernen, die Entwickelungsrichtung der Pflanze derart zu dirigiren, daß dieselbe widerstandsfähiger gegen manche Parasiten und andere Krankheitsursachen wird.

Und dies ist der Punkt, auf welchen ich bei jeder passenden Gelegenheit im Buche hingewiesen und zu dem ich nach Möglichkeit experimentelle Beweise zusammengetragen habe. Das ist, meiner Ueberzeugung nach, das Hauptziel, auf das die Pathologie jetzt ihr Augenmerk zu richten hat und auf welches der praktische Pflanzenzüchter hingewiesen werden muß. Gegenüber den vielfachen, einseitigen, irreführenden Angaben einzelner Mykologen ist zu betonen, daß bei allen parasitären Krankheiten der Allgemeinzustand des befallenen Individuums für die Intensität der Krankheit einflußreich ist und mehr als bisher berücksichtigt werden muß. Durch die Umänderung der Unterlage, durch eine vorbeugende Einwirkung auf den gesammten Nährorganismus muß neben der direkten Bekämpfung zugänglicher Pilzheerde stets gleichzeitig gegen die Ausbreitung der Krankheiten gearbeitet werden.

Daß manche Parasiten unter günstigen Witterungsbedingungen die Nährpflanzen unter allen Umständen gleichmäßig zu befallen scheinen, ändert das Postulat nicht; denn selbst in solchen Fällen zeigen sich Beispiele, daß gewisse Kulturformen und Varietäten mehr wie andere erkranken, daß also auch hierbei Eigenschaftscomplexe maßgebend sind, welche innerhalb der Art eine dem Parasiten günstigere oder ungünstigere Aenderung erfahren. Da solche Varietäten durch die Kultur geschaffen worden sind, so ist auch hier die Hoffnung nicht ausgeschlossen, durch geeignetes Züchtungsverfahren die widerstandsfähigeren Formen zu vermehren. Jeder, der die Züchtungsergebnisse verfolgt, kommt zu der Ueberzeugung, daß bis zu einem gewissen Grade die Pflanze im Laufe der Zeit durch die stets wechselnden Kultureingriffe wie Wachs zu erweichen beginnt und ein Theil ihrer Eigenschaftscomplexe verschiebbar wird.

Daß der geforderte Weg seine großen Schwierigkeiten hat, kann ich mir um so weniger verhehlen, da ich aus eigener Erfahrung die Täuschungen kennen gelernt habe, denen man selbst bei ehrlichster Arbeit verfällt. Es kann hier nur die gemeinsame, vielseitig in Angriff genommene Arbeit allmählich zu sicheren Resultaten führen und um dazu anzuregen, habe ich diesen Punkt schon im Vorwort berührt. Während ich im ersten Theil meinen eigenen Beobachtungen und Ansichten gefolgt bin, habe ich im zweiten, die parasitären Krankheiten behandelnden Theil mich möglichst eng an die Untersuchungen von de Bary, Winter und Zopf gehalten; bei der Aufzählung der Arten in den Familien, welche in der Winter'-

schen Bearbeitung noch nicht vorliegen, stützte ich mich auf Saccardo's Sylloge fungorum.

Schließlich ist noch der Tafeln Erwähnung zu thun, bei denen diesmal die colorirten Habitusbilder durch schwarzgezeichnete ersetzt sind. Meine Ueberzeugung von der Nützlichkeit derartiger farbigen Abbildungen ist nicht nur dieselbe geblieben, sondern durch die Erfahrung noch bedeutend erhöht worden. Es erscheint mir jetzt ein unbedingtes Bedürfniß für die Ausbreitung phytopathologischer Kenntnisse in den praktischen Berufskreisen, daß möglichst naturgetreue Habitusbilder kranker Pflanzen geboten werden. Um die habituell verwandten Krankheitserscheinungen in größerer Anzahl und im Zusammenhange vorführen zu können, ist die Herausgabe eines „Atlas der Pflanzenkrankheiten" vorbereitet worden, dessen erstes Heft in kurzer Zeit erscheinen dürfte.

Proskau, den 1. Dezember 1885.

Der Verfasser.

Inhalt.

Capitel II.

Capitel III.

Capitel IV.

Capitel V.

Capitel VI.

Capitel VII.

Capitel VIII.

Register.



A. Einleitung.

In den großen Kreisen praktischer Pflanzenzüchter, bei welchen das genauere Studium der Pflanzenkrankheiten noch nicht genügenden Eingang gefunden, ist die Erklärung der Störungen des Pflanzenwachsthums durch ungünstige Bodenverhältnisse die geläufigste.

Es mögen deßhalb unsere einleitenden Betrachtungen über die Krankheiten an diese Auffassung anknüpfen. Wir werden im Folgenden sehen, daß in mancherlei Fällen diese Anschauung eine ganz berechtigte ist. Die in der Praxis üblichen Bezeichnungen von „Frostlage“, „Brandstellen“, „saurer Boden“ u. dgl. deuten die mannigfachen Richtungen an, in welchen der Boden sich für die Pflanzen schädlich erweisen kann. Wir bemerken, daß manchmal lediglich die Lage des Ackerlandes eine gefährliche in so fern ist, als Fröste besonders oft eintreten und leicht nachtheilig wirken können, und daß bei anderer Lage des Ackerstückes nicht nur sehr gute, sondern auch sehr sichere Ernten erzielt werden würden.

In anderer Weise stellt sich die Sache bei den Brandstellen, den sauren Wiesen und ähnlichen Oertlichkeiten; bei ihnen sind nicht die Neigung gegen den Horizont, eine schutzlose Umgebung oder ähnliche Verhältnisse die gefahrbringenden Momente, sondern die physikalische und bisweilen chemische Zusammensetzung des Bodens.

Zu berücksichtigen bleibt aber zunächst, daß eine Frostlage nicht alljährlich Frostbeschädigungen aufweist, sondern nur in Jahren mit Früh- oder Spätfrösten besonders leicht leidet; ebenso sind die Brandstellen oft nur in trockenen Jahren ernteles, während sie in nassen Sommern wohl eine, wenn auch spärliche Ernte zur Reife bringen. Daraus geht hervor, daß nur selten die Bodenverhältnisse an sich als unbedingte Krankheitsursache anzusehen sind, sondern daß sie es meist erst in Verbindung mit gewissen Witterungsverhältnissen werden.

In zweiter Linie beachtenswerth ist der Umstand, daß an allen den Oertlichkeiten, die unseren Kulturpflanzen schädlich sind, viele Unkräuter schadlos

bleiben, ja oft in besonderer Ueppigkeit gedeihen. Nun sind aber Unkräuter doch keine Pflanzen von bestimmter übereinstimmender Organisation; sie stellen lediglich eine Gruppe von Pflanzen dar, deren gemeinsames Merkmal in ihrer augenblicklichen Nichtverwendung für Kulturzwecke besteht. Wir besitzen zahlreiche Beispiele, daß ein Unkraut durch Erkennung nützlicher Eigenschaften begehrenswerth erscheint, felderweise gezogen und somit Kulturpflanze wird. Erinnert sei in dieser Beziehung an die Brennnessel und manche wildwachsende Pflanze, die zu medizinischen Zwecken verwendet wird.

Damit ist der Beweis geliefert, daß die Boden- und Witterungseinflüsse einzelnen Pflanzengeschlechtern bereits schädlich werden können, während andere Geschlechter dieselben Einflüsse ohne Nachtheil ertragen können.

Nicht nur Pflanzenfamilien und Geschlechter, sondern innerhalb desselben Geschlechtes erweisen sich auch die einzelnen Arten und Varietäten, ja selbst die einzelnen Individuen derselben Varietät in hohem Grade verschieden empfindlich gegenüber den Einflüssen der Witterung, des Bodens und sonstiger Kulturfaktoren, so daß wir jetzt anfangen, durch experimentelle Anbauversuche Listen über die Rentabilität, Anpassungsfähigkeit und Widerstandskraft der einzelnen Getreidesorten und Obstbäume zu entwerfen.[1])

Derartige Versuche einer Werthigkeitsbestimmung in Verbindung mit der Angabe über das Wasserbedürfniß der einzelnen Kulturvarietäten sind für alle Kulturpflanzen anzubahnen. Die Zuverlässigkeit der einzelnen Listen wächst mit der Zahl der Theilnehmer an den Versuchsreihen, und es wäre eine verdienstvolle Aufgabe landwirthschaftlicher Centralvereine, unter Leitung wissenschaftlicher Kräfte derartige Werthigkeitsbestimmungen durch gleichmäßige Anbauversuche innerhalb ihres Bezirkes zu fördern.

Solche Untersuchungen, begleitet von geeigneten Witterungsbeobachtungen, sind deßhalb von so hervorragender Bedeutung auch für die Lehre von den Pflanzenkrankheiten, für die Phytopathologie, weil sie am besten zur Erkenntniß führen, daß die Krankheiten, also die Störungen im Bau und den Lebensfunktionen, welche die Existenz des Individuums bedrohen, nur verhältnißmäßig selten plötzlich und unvorbereitet, in Folge äußerer Eingriffe auftretende, alle Individuen gleichmäßig und unterschiedslos erfassende Erscheinungen sind, sondern

---

[1]) Werner, Körnicke und Havenstein: Ueber die Werthigkeit einiger Weizensorten. Fühling's landw. Z. 1878. S. 487.

Werner und Körnicke: Ueber die Werthigkeit einiger Roggensorten. Fühling's landwirthsch. Zeit. 1878. S. 900.

Werner und Körnicke: Ueber die Werthigkeit einiger Gerstensorten. Fühling's landwirthsch. Zeit. 1879. S. 161.

Oberdieck: Deutschlands beste Obstsorten. Leipzig, Hugo Voigt, 1881.

daß sie viel häufiger in ihrem Auftreten und in ihrer Intensität an bestimmte Zustände des Pflanzenkörpers gebunden sind.

Es soll damit ausgedrückt werden, daß zur Erscheinung einer Krankheit meist zwei Faktoren gehören, nämlich eine außerhalb der Pflanze liegende Ursache, welche als ein das bisherige, für die Erhaltung zweckmäßige, Gleichgewicht der Funktionen erschütternder Stoß wirkt, und ein innerhalb des Organismus bestehender Zustand geringer Widerstandsfähigkeit gegen jene äußere Veranlassung.

Wenn beispielsweise Verwundungen mit großem Substanzverlust, wie bei einer plötzlichen gänzlichen Entlaubung mitten in der kräftigsten Entwicklung den Organismus treffen, dann kann diese Störung der gesammten Funktionen so stark sein, daß das Individuum einem allmähligen Tode durch Entkräftung entgegengeht. Wenn eine Kulturfläche durch plötzlichen Eintritt größerer Wassermassen für längere Zeit der Möglichkeit beraubt ist, durchlüftet zu werden und den Sauerstoff der Luft den Pflanzenwurzeln zugänglich zu machen, dann tritt unfehlbar früher oder später eine Fäulniß der Wurzeln und in Folge dessen ein Absterben der angebauten Gewächse ein.

Selbst bei diesen, so gleichmäßig wirkenden Eingriffen zeigt sich aber, daß einzelne Individuen viel schneller sterben, als andere, die vielfache Versuche machen, durch Entwicklung ruhender Knospen eine Reproduktion der verlorenen Organe einzuleiten. Es macht sich auch hier unbedingt eine Verschiedenheit in der Widerstandskraft gegen die schädlichen Einflüsse geltend. Noch weit mehr in die Augen springend erscheint die verschieden große Resistenz von Individuen derselben Varietät bei Frostwirkungen. Jeder praktische Pflanzenzüchter hat darüber selbst Erfahrungen gemacht, und die wissenschaftliche Untersuchung hat bereits hierbei einzelne Momente feststellen können, von welchen eine größere Empfänglichkeit der einzelnen Individuen abhängig ist. Der größere Wasserreichthum der Zellen steigert z. B. die Empfänglichkeit für Frostbeschädigungen. Ebenso wie derartigen elementaren Eingriffen gegenüber verhalten sich die Pflanzen-Varietäten und Individuen verschieden gegen die Angriffe krankheitserzeugender Organismen. Auch bei den parasitären Krankheiten mehren sich langsam die Beobachtungen, welche eine Abhängigkeit der Ausbreitung des Parasiten von gewissen Zuständen der angegriffenen Nährpflanze darthun. Manche Brandarten beispielsweise breiten sich in denjenigen Halmen erst aus, die durch großen Feuchtigkeitsgehalt ihrer Zellmembranen bessere Entwicklungsbedingungen für den Parasiten bieten.[1]) Damit ist für uns die Pflicht unabweisbar, bei dem Studium einer jeden Krankheit nicht nur der von außen kommenden Krankheitsursache und nicht nur ihrer lokalen Einwirkung, sondern auch dem bei der Erkrankung vorhandenen Gesammtzustand des Individuums die volle Aufmerksamkeit zu schenken.

---

[1]) Jul. Kühn im Oesterr. landw. Wochenbl. 1880, Nr. 1 und 2.

Es zergliedert sich demnach die Krankheitslehre oder Pathologie in die

Pathographie oder Symptomatik, Beschreibung der Krankheit nach ihren einzelnen Anzeichen oder Symptomen;

Pathogenie oder Aetiologie, die Lehre von der Entstehung der Krankheit;

Therapie, die Heilmittellehre und in die

Prophylaxis, welche die Vorbeugungsmaßregeln zur Verhütung der Krankheiten umfaßt.

Die Pflanzenkrankheitslehre ist eine Disciplin, welche sich meist noch in der ersten Entwicklung, d. h. im Stadium der Pathographie befindet, indem man sich begnügen muß, bei vielen Krankheitserscheinungen einfach die Symptome aufzuzählen, welche den Zustand charakterisiren, ohne über die Genesis, über die ursächlichen Momente mehr als Vermuthungen äußern zu können. Noch schwächer ist es mit den für die Praxis wichtigsten Theilen der Pathologie, mit den Heilmitteln und den Vorbeugungsmaßregeln bestellt. Diese können erst gefunden werden, wenn wir einen genügenden Einblick in den ursächlichen Zusammenhang der Erscheinungen gethan haben.

Darum ist der Kernpunkt der phytopathologischen Untersuchungen in dem Aufsuchen des Zusammenhanges einer Krankheitserscheinung mit etwa vorhandenen bestimmten Zuständen des Pflanzenleibes zu suchen, welche das Auftreten der Krankheit herbeiführen oder begünstigen, also den Organismus für gewisse Erkrankungen disponiren, weil sich darauf das am meisten Erfolg versprechende prophylactische Verfahren gründen wird.

Da bei vielen Krankheiten erfahrungsgemäß eine Neigung einzelner Individuen zu leichterer Erkrankung nachgewiesen, so haben wir die Existenz einer solchen Disposition oder Praedisposition für schnellere Erkrankung überall so lange vorauszusetzen, bis der experimentelle Beweis erbracht ist, daß eine von außen kommende Krankheitsursache jedes Individuum in allen Entwicklungsphasen bei der verschiedenartigsten Ausbildung stets in gleichem Maaße krank macht, also in ihrem Auftreten von innern Zuständen der Pflanze gänzlich unabhängig ist.[1])

Vielfach begegnet man dem Ausspruche, daß eine Praedisposition für Krankheiten bei den Pflanzen nicht existirt.

Diejenigen, welche eine Praedisposition nicht anerkennen, verstehen unter dieser Bezeichnung eine im Individuum ruhende Krankheitsanlage, welche nur durch äußere Einflüsse geweckt zu werden braucht; es wird also ein innerer

---

[1]) Sorauer: Giebt es eine Praedisposition der Pflanzen für gewisse Krankheiten. Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. XXV. S. 327.

abnormer Zustand vorausgesetzt.[1]) Diese Auffassung ist als eine zu beschränkte, nur auf verhältnißmäßig wenig Fälle anwendbare, nicht anzunehmen; es ist vielmehr das Wort Prädisposition mit dem Begriff der Neigung zur Erkrankung zu verbinden. Eine solche vorherbestehende Geneigtheit wird in den meisten Fällen mit Entwicklungsstadien des Pflanzenkörpers zusammenfallen, die man als normal zu bezeichnen pflegt, d. h. die in den Rahmen derjenigen Vorgänge fallen, welche zum typischen Entwicklungsgange gehören und das Leben des Individuums stützen, anstatt dasselbe zu bedrohen.

Die für unsere sämmtlichen Kulturen so überaus wichtige Frostfrage liefert sehr naheliegende Beispiele für unsere Auffassung. Als unangefochtene Thatsache darf die Erscheinung gelten, daß von einer Summe von Individuen derselben Art und Varietät einzelne besonders leicht erfrieren. Wenn nun diese größere Empfindlichkeit der Individuen in einem höheren Wassergehalte der Zellen begründet wäre, dann kann gerade diejenige Eigenschaft eine Geneigtheit zum schnelleren Erfrieren bedingen, die ein charakteristisches Merkmal sehr üppiger, vollkommen gesunder Triebe ist.

Wie bezeichnet man am besten diese Eigenthümlichkeit, daß Zustände in einem Individuum anzutreffen sind, welche dasselbe geneigt machen, leichter dem Stoße, der in der Form des Frostes hier auftritt, nachzugeben? Es wird sich ein treffenderer Ausdruck als „Disposition" oder „Prädisposition" kaum finden lassen.

Da dieser hier bezeichnete Zustand grade ein normaler, ja von der Kultur häufig angestrebter ist, so werden wir von einer „normalen" im Gegensatz zu einer „abnormen Prädisposition" zu sprechen haben. Mit letzterem Ausdruck würden wir diejenigen Zustände in einem Pflanzenkörper zusammenfassen, die selbst schon Störungen der bisherigen zweckmäßigen Lebensvorgänge, also selbst schon Wirkungen krankheitserregender Einflüsse sind und als solche nun weiter die Ursache für die Wirksamkeit neuer Krankheitserzeuger abgeben. Der Frost liefert auch Belege für solche abnorme Prädisposition, indem er beispielsweise Risse oder andere Wunden erzeugt, die nun die Ansiedlungsheerde für parasitische Pilze abgeben, welche einen schnellen Tod der Gewebe herbeiführen und nicht zur Entwicklung gelangt wären, wenn sie nicht die Wundfläche als Keimbett gefunden hätten. Hier ist die Möglichkeit einer parasitären Erkrankung durch die vorhergegangene Frostwirkung hergestellt worden; wenn diese selbst als Folge eines größeren Wasserreichthums des beschädigten Organs aufgetreten, so war auch diese Frostwirkung eine Folgeerscheinung derjenigen Ursachen, welche den größeren Wassergehalt herbeigeführt. Als solche erstvorhandene Ursache ist die normale Wachsthumsrichtung zu bezeichnen, die der beschädigte

---

[1]) Hartig: Ueber Fichtenrindenkrebs im forstw. Centralbl. 1879, S. 474. — R. Wolff: Beitrag zur Kenntniß der Schmarotzerpilze. Landw. Jahrbücher. 1875. S. 351.

Pflanzenkörper zur Zeit seiner Gesundheit gehabt. Er war, wie dies in der That häufig genug vorkommt, ein Individuum, das sich durch eine sehr üppige Entwicklung ausgezeichnet hatte. Grade die üppig wachsenden Exemplare schließen ihren Vegetationscyclus spät ab und treten spät in das Stadium der relativen Wasserarmuth und der sog. Holzreife. Wenn wir nun in letzter Linie nach den Ursachen der hier angenommenen üppigen Entfaltung fragen, so müssen wir auf die einzelnen Vegetationsbedingungen, wie Wasser- und Nährstoffzufuhr, Licht- und Wärmereichthum u. s. w. zurückgreifen und in deren günstigen Combination die Ursache der besonders kräftigen Entfaltung suchen.

In dem hier angeführten Beispiele sehen wir ein Ineinandergreifen der Erscheinungen, von dem Erkranken durch einen Parasiten bis rückwärts zu den gesunden Lebensfunktionen hin.

Das Charakteristische hierbei ist, daß die Pflanze ganz normal fortgewachsen wäre, wenn nicht ein von außen kommender Stoß in Form des Frostes den Bau und die Funktionen störend erschüttert hätte. Dieser Frost ist aber nichts Fremdes; er ist nur ein für das hier ins Auge gefaßte Individuum nicht mehr ertragbare Verminderung eines überall wirksamen Vegetationsfaktors, der Wärme. Bei der Besprechung der einzelnen Krankheitsfälle werden wir sehen, daß jede der für das Wachsthum des Pflanzenleibes absolut nothwendigen Bedingungen, wie das Licht, die Feuchtigkeit, die Nährstoffe u. s. w. zu Krankheitsursachen werden können, sobald ihre Einwirkung so schwach oder so stark wird, daß das pflanzliche Individuum die zur Erhaltung nöthigen Lebensfunktionen nicht mehr vollziehen kann.

Wir sind bei unseren Betrachtungen, die auf ein anderes Endziel hinauslaufen, nebenbei zur Feststellung des Krankheitsbegriffes gekommen.

Bereits früher ist erwähnt worden, daß als Krankheit eine jede Störung des Baues und der Lebensfunktionen des Organismus aufzufassen ist, die die Existenz desselben bedroht. Diese Störung kann entweder herbeigeführt werden durch Eingriffe außerhalb des Organismus befindlicher, nicht stetig wirkender, sondern plötzlich auftretender, das Individuum vorbereitet (prädisponirt) oder unvorbereitet treffender, aber immer irritirender Ursachen (Parasiten) oder durch stets vorhandene, zur normalen Bildungsthätigkeit des Organismus nothwendige, in ihrer quantitativen Einwirkung aber bis zu störenden Extremen ausbildbaren Faktoren.

In dem Durchwachsen der Kartoffeln haben wir ein Beispiel, in welchem eine unzeitgemäße Steigerung einzelner Wachsthumsfaktoren zu Störungen nicht nur des Kulturzweckes, sondern auch allmählich der ganzen Existenz führen kann. Die Kartoffelknolle beginnt in derjenigen Jahresperiode, in welcher die geringste Boden- und Luftfeuchtigkeit und die größte Wärme herrschen, ihren Reifungsprozeß, der durch eine zunehmende Derbheit und abnehmende Streckungsfähigkeit

der Gewebe mit sich steigerndem Stärkereichthum charakterisirt ist. Die in den folgenden Monaten zunehmende Feuchtigkeit und abnehmende Wärme ermöglichen durchgängig noch eine langsame Streckung und weitere Stärkefüllung der Knolle. Tritt aber nach vorhergegangenem, intensiven Reifewetter zu früh im Jahre, eine ungewöhnlich lange anhaltende Regenperiode ein, dann wachsen die für das nächste Jahr zur Entwicklung bestimmten Augen schon im Jahre der Entstehung zu beblätterten Zweigen aus und zwar zunächst auf Kosten der schon in der Knolle gespeichert gewesenen Stärke. Erfolgt nun die Ernte vor der Zeit des Abreifens der neugebildeten Triebe, ist die Knollenbildung insofern geschädigt, als die einzelnen Knollen stärkearm sind. Die stärkearmen Individuen haben gegenüber den mehlreichen Knollen derselben Varietät aber den Nachtheil einer größeren Neigung zur Fäulniß. Hier ist also nur die zur Unzeit eingetretene extreme Steigerung der Wasserzufuhr die Veranlassung der Störung und die Vorbereitung zur Fäulniß.

Bei der Wassersucht der gelben Johannisbeere zeigt sich ein Auftreten von Rindengeschwülsten. Veranlaßt werden dieselben durch eine in Folge der Entfernung von Augen herbeigeführte übermäßige Wasserzufuhr zu einzelnen Stellen des Rindengewebes, das sich schlauchförmig streckt. Die auf solche Stämmchen aufgesetzten Veredlungen wachsen in der Regel nicht und es stirbt in vielen Fällen das ganze Stämmchen stückweise ab.

Bei den beiden erwähnten Fällen wird die Zuführung von Wasser zur Krankheitsursache. Hätten die Kartoffel im Frühjahr, die Johannisbeere zur Zeit des Vorhandenseins ihrer Augen, dasselbe jetzt Krankheit erregende Wasserquantum bekommen, dann würden die Störungen nicht eingetreten sein. Es liegt somit hier der Fall vor, daß verschiedene Entwicklungsperioden verschiedene Ansprüche an die Zufuhr ihrer Lebensbedingungen stellen und dieselbe Quantität demselben Individuum in einer Entwicklungsepoche nützlich, in einer andern schädlich sein kann.

Nach diesen Erfahrungen entrollt sich uns folgendes Bild über die Erkrankungsfähigkeit des Organismus:

Jedes Individuum braucht zu seiner Entwicklung von den zu seiner Existenz nöthigen Lebensbedingungen bestimmte Quantitäten. Jede Pflanze braucht also bestimmte Quantitäten Licht, Wärme, Kohlensäure, Wasser u. s. w. zu ihrem Aufbau, wenn sie überhaupt am Leben bleiben soll. Diese Quantitäten bilden die Minimalgrenze der Existenzbedingungen. Ebenso wird eine Maximalgrenze der Vegetationsfaktoren nachweisbar sein, über welche hinaus das Leben erst erstarrt und dann erlischt.

Diese Grenzen werden für jeden einzelnen Faktor und für jeden einzelnen Lebensprozeß existiren.

Zwischen diesen Grenzen bewegt sich die Entwicklung des Individuums ohne (von zufälligen Ereignissen abgesehen) jegliche Störung, die Phasen des

typischen Bildungsganges durchlaufend. Das Leben des Organismus bewegt sich somit innerhalb der „Breite der Gesundheit".

Innerhalb der weiten Skala zwischen der Minimal- und Maximalgrenze sind tausendfache Combinationen der einzelnen Vegetationsfaktoren möglich und thatsächlich vorhanden. Wenn es uns auch nur bisher in wenigen Fällen möglich gewesen, die Abhängigkeit der gestaltlichen und stofflichen Zusammensetzung von den verschiedenen thatsächlichen Combinationen der Vegetationsbedingungen nachzuweisen, so liegen doch immerhin schon einzelne Beweise vor, die den Ausspruch rechtfertigen, daß der Pflanzenleib sich stets ändert, sobald die Verhältnisse der einzelnen influirenden Vegetationsbedingungen zu einander sich ändern.

Die Folgen dieser Aenderungen werden im Pflanzenkörper sich in der Weise geltend machen, daß gewisse Eigenschaften geschwächt, andere reicher entwickelt werden.[1])

---

[1]) Diese Existenz-Grenzen sind aber für das einzelne Individuum keine feststehenden Werthe; sie ändern sich nach den vorhandenen Mengender übrigen Vegetationsfaktoren, so daß also dieselbe Quantität eines Vegetationsfaktors ganz verschieden große Effekte hervorbringen kann, je nach der Combination der vorhandenen übrigen Lebensbedingungen. De Candolle*) spricht nach zahlreichen Beobachtungen denselben Satz aus, wenn er sagt, man müsse annehmen, daß dieselbe Temperatur auf dieselbe Pflanzenart in verschiedenen Breiten verschieden wirkt, und zwar wird der Vegetationsprozeß im Norden durch einen Wärmegrad hervorgerufen, der nicht im Stande ist, dieselbe Spezies in südlicheren Breiten zur Vegetation zu bringen. Wenn wir beispielsweise ein bei uns jeden Winter schadlos überdauerndes Unkraut betrachten, so finden wir, daß sehr hohe Kältegrade ertragen werden; die Minimalgrenze ist hier eine sehr tiefe, unterhalb welcher erst aus Wärmemangel das Leben erlöschen würde. Nehmen wir derartige Pflanzen in's Gewächshaus, so genügen später wenige Kältegrade zur Beschädigung der Pflanze. Wenn trockene Herbste in den Baumschulen das Holz gut zur Reife bringen, sind Frostbeschädigungen seltener, als wenn dieselben Exemplare in einem anderen Jahre durch längere Herbstfeuchtigkeit am Abschluß des Triebes gehindert sind. Die Pflanze geht eben mit ganz anders ausgebildetem Organismus in den Winter.

Da nun jegliche Ausbildung das Produkt der Einwirkung der einzelnen Vegetationsfaktoren ist, so muß bei trockenem Herbste die Combination der Faktoren eine wesentlich andere sein, als in feuchten Herbstmonaten. Da eine präcise Darstellung dieser Verhältnisse nach dem jetzigen Stande des Versuchswesens noch nicht möglich ist, so mag ein rohes Schema die für die Pathologie hochwichtige Sachlage weiter zu verdeutlichen suchen. Angenommen, wir könnten bereits sämmtliche Lebensbedingungen, die zum Wachsthum der Pflanzen gehören, nach Einheiten messen und aussprechen, daß die Pflanzenvarietät I zur Entwicklung mindestens x Einheiten Licht, y Einheiten Wärme, z Einheiten Kohlensäure und w Einheiten Wasser braucht. Sobald weniger von einer dieser Lebensbedingungen vorhanden, kann die Pflanze nicht mehr gedeihen. Die Maximalgrenze betrüge von den genannten Faktoren durchschnittlich 50 Einheiten. Innerhalb dieser Grenzen

---

*) A. de Candolle: Des effets différents d'une même température sur une même espéce au nord et au midi. Compt. rend. 1875. t. LXXX. S. 1369

Wenn der Einfluß eines Vegetationsfaktors dauernd dominirt, so wird eine bestimmte Eigenschaft immer mehr zur Ausbildung gelangen. Diese bei unseren Kulturen bald in der einen, bald in der andern Richtung hervortretende Accumulation der Eigenschaften ist die Hauptursache der Erkrankungsfähigkeit; sie kann entweder allein zur Krankheitsursache werden, oder die Prädisposition schaffen. Bestimmte Lebensalter sind ausgezeichnet durch Vorherrschen gewisser Eigenschaften und werden dadurch auch bestimmte Prädispositionsformen darstellen.

Das vorerwähnte Beispiel von der Wassersucht der gelben Johannisbeere zeigt, wie die eine Eigenschaft der Zellstreckung in Folge erhöhter Wasserzufuhr zu den Rindenzellen derart gesteigert wird, daß endlich die Spannung der äußeren Rinde mit ihrer Korklage aufgehoben, die Rinde durchrissen, die Wucherung (Hypertrophie) eine Zeit lang befördert und die Schwindung (Atrophie) sowie der Tod anderer Theile oder des ganzen Pflanzenkörpers dadurch bedingt wird. Viele andere Krankheitserscheinungen zeigen ähnliche Veranlassung und liefern gleichzeitig Beispiele, daß meist Gesundheit und Krankheit unmerklich, ohne scharfe Grenze ineinander übergehen.

Aber grade darum, weil wir gar selten wissen, wann der Zustand der Krankheit eigentlich beginnt und darum, weil wir häufig die Erfahrung machen können, daß der Beginn der Krankheit weit in die als gesund angesehene Entwicklungsperiode zurückgreift, über den Zeitpunkt zurück, wo die Krankheit durch Symptome für uns in die Erscheinung tritt, grade darum hat die Pathologie

---

können nun die allerverschiedensten Combinationen auftreten, und treten bei unsern Kulturpflanzen in der That in den verschiedenen Monaten auch auf. Angenommen, daß ein trockener Sommermonat im Durchschnitt 20 x Lichteinheiten und 20 y Wärmeeinheiten liefere, bei 5 w Wasser, und sich daraus eine Pflanzensubstanz von sehr derber Beschaffenheit, d. h. dicken Zellwandungen und wasserarmem Zellinhalt aufbaute. Für diese Substanz ist die Wärmeminimalgrenze y Einheiten. Unterhalb derselben erfriert sie. Wenn ein anderer Sommer im Durchschnitt nur die Hälfte der obigen Licht- und Wärmemenge liefern könnte, dabei 20 w Einheiten Wasser lieferte, wie es für regnerische Jahre wohl gedacht werden kann, dann liefert die Pflanzenvarietät I auch Individuen von nahezu demselben Habitus; dieselben erfrieren aber schon bei 2 y Wärme. Durch diese Combination der Vegetationsbedingungen ist für das gebildete Individuum die Wärmeexistenz-Grenze in die Höhe geschoben worden. Ebenso veränderlich sind die Minimal- und Maximalgrenzen jeder einzelnen der anderen Lebensbedingungen, je nach der Combination, welche die übrigen Faktoren darstellen.

Daher haben wir, grade so wie innerhalb der Varietät jedes Individuum streng genommen eine andere gestaltliche Combination darstellt, auch ebenso viel stofflich verschiedene Formen mit individuell verschiedenen Minimal- und Maximalgrenzen. So erklärt sich das namentlich dem Gärtner bekannte Faktum, daß bei Aussaaten von derselben Varietät es immer einige Individuen giebt, die ein abweichendes Verhalten gegenüber extremen Witterungseinflüssen zeigen: sie verbrennen beispielsweise leichter bei intensiver Besonnung u. dgl.

die Pflicht, nicht nur die augenblickliche Symptomatik zu studiren, sondern nach den aetiologischen Momenten in derjenigen Periode des Pflanzenlebens zu suchen, die von uns als noch in der Breite der Gesundheit gelegen betrachtet werden muß.

Grade bei der allenthalben zulässigen Voraussetzung einer Prädisposition zeichnet sich der Weg der Forschung und Darstellung in der Weise vor, daß wir zu constatiren suchen, welche Eigenschaft erweist sich als die Krankheit begünstigend, welche ist in erhöhtem Maaße ausgebildet und von welchem Faktor, von welchen Einflüssen ist die Steigerung der begünstigenden Eigenschaft abhängig. Wir werden deßhalb auch allen excessiven Accumulationserscheinungen unsere Aufmerksamkeit zuzuwenden haben, selbst wenn sie nicht augenblicklich Störungen hervorbringen, welche die Existenz des Individuums gefährden, also absolute Krankheiten erzeugen. Denn solche Accumulationen führen zu eigenthümlichen Variationen, d. h. Abweichungen des bisher als typisch betrachteten Entwicklungsganges und zu einseitiger Erhöhung einzelner Eigenschaften und Funktionen auf Kosten anderer; diese anderen werden endlich so schwach, daß sie das Individuum gänzlich hinfällig machen.

Solche Accumulation einer Eigenschaftsreihe verbunden mit Decrescenz einer andern Reihe, welche leicht zur Debilität des Individuums führt, nennen wir „krankhafte Zustände oder Neigungen".

Damit ist die Grenze für die Ausdehnung unserer Betrachtungen gezogen, soweit sie die reine Pathologie erfordert.

Die Pathologie der Kulturpflanzen hat aber noch weiter in das Gebiet der Variationen und Rückschläge hineinzugreifen, insofern sie solche Veränderungen des Pflanzenkörpers zur Besprechung ziehen muß, die nur den augenblicklichen Kulturzweck schädigen ohne die Existenz des Individuums zu bedrohen (relative Krankheiten oder kulturwidrige Abweichungen).

Betrachten wir beispielsweise den Raps (Brassica Napus, L.) Wir unterscheiden Sommer- und Winterraps, also eine einjährige und zweijährige Form, deren Samen wir benutzen, deren Wurzeln dünn sind. — Dieselbe Stammpflanze hat sich durch die Kultur aber auch zur Erdrübe oder Wruke ausgebildet, deren fleischige kugelige Wurzel wir als Gemüse verwenden. Würde solche Rübenpflanze im ersten Jahre in Samen schießen und die Wurzel sich kaum mehr verdicken, die Pflanze sich also dem Sommerraps nähern, so würden wir solchen Rückschlag als eine relative Krankheit, eine unzweckmäßige Abweichung zu bezeichnen haben, trotzdem sie eigentlich in Rücksicht auf die ursprüngliche Mutterpflanze normal wird.

Die von Brassica oleracea L. abstammenden verschiedenen Kohlarten, wie Krauskohl, Blumenkohl, Kohlrabi u. a. m., sind ebenfalls an und für sich Abweichungen tiefeingreifender Art von der Mutterpflanze, entstanden durch Accumulation der Eigenschaft, parenchymatische Gewebe anzuhäufen. Jedes

Nachlassen dieser „Parenchymatosis", jede Annäherung an die Mutterpflanze würden wir als relative Krankheit, als kulturwidrige Abweichung bekämpfen.

Die letzterwähnten Krankheitsgruppen veranlassen, auch die normale Aeußerung der einzelnen Vegetationsfaktoren bei einzelnen Krankheitsgruppen in Betracht zu ziehen. Es wird damit Material für die prophylaktische Behandlung und die Herstellung einer Pflanzen-Hygiene herangezogen; denn schließlich gilt die Lehre: „Erhaltung der Gesundheit ist Vermeidung der Krankheit" für das Pflanzenleben ebenso gut, wie für das Thierleben.

B. Spezieller Theil.

Cap. I. Krankheiten durch ungünstige Bodenverhältnisse.

1. Die Lage des Bodens.

a) Die Erhebung über den Meeresspiegel.

Daß mit der zunehmenden Höhe einer Kulturfläche über den Meeresspiegel die Wärme eine immer geringere wird und daß diese Wärmeabnahme der maßgebende Faktor für die Begrenzung der Vegetation ist und somit die Ernte im Gebirge eine verspätete wird, bedarf keiner weiteren Ausführung. Daß diese verspätete Ernte große Schwierigkeiten für das Trocknen des Getreides bietet und besondere Vorrichtungen im Hochgebirge nicht selten erforderlich macht und daß trotzdessen manchmal ein Schwarzwerden der Körner in Folge eintretender Pilzvegetation stattfindet, ist allgemein bekannt. Ein Beispiel in präcisen Zahlen liefert neuerdings Angot[1]), nach dessen Beobachtungen sich die Ernte des Winterroggens in Frankreich durchschnittlich um vier Tage verzögert, wenn die Höhe um 100 m zunimmt. Aufmerksam zu machen ist aber auch auf den Umstand, daß mit der zunehmenden Höhe die Verdünnung der Luft die Wärme vermindert, daß also auch diese Verdünnung ganz wesentlich auf die Ausbildung der Vegetation wirken muß. Darum werden bei Kulturversuchen mit Pflanzen aus alpinen Regionen wahrscheinlich andere Krankheitserscheinungen auftreten, als wenn man in dieselbe Gegend ähnliche Arten aus den Polarregionen mit gleicher Durchschnittstemperatur verpflanzt, in denen die Wärmeabnahme durch die schräge Richtung der Sonnenstrahlen bedingt ist. Ebenso werden die Feuchtigkeitsverhältnisse, abgesehen von der physikalischen Bodenbeschaffenheit, für alpine Regionen niederer Breiten andere sein, als für Pflanzen aus der Ebene der arktischen Zone. Innerhalb derselben Breite wird das Gebirge als kälterer Körper mehr Wasserdampf verdichten und daher reichlichere Niederschläge erhalten, als die Ebene. Es wird daher auch mehr

---

[1]) Der Naturforscher, 1883, Nr. 24.

Schnee fallen, und das zum Schmelzen dieser größeren Schneemasse erforderliche Wärmequantum wird also der Vegetation entzogen. Selbst wenn der Schnee im Frühjahr geschmolzen, wird aber auch dann noch die Pflanze im Gebirge weniger von der Sonnenwärme Vortheil ziehen können, als die in der Ebene, indem die Zerrissenheit der Bodenoberfläche wirksam wird. Ein Quadratmeter Grundfläche, der eine stark zerklüftete Bodendecke besitzt, hat eine viel größere in unendlich viele schiefe Ebenen zerspaltene Oberfläche, auf welche sich dieselbe Wärmemenge zu vertheilen hat, wie auf ganz ebenem Lande, dessen einzelne Punkte somit stärker erwärmt werden. In diesem Falle befinden sich die Gebirgsketten gegenüber den Ebenen. Es erklärt sich aus den bisherigen Angaben, daß mit der Erhebung über den Meeresspiegel sich die durch Wärme wesentlich beförderten Prozesse der Verwitterung und Verwesung verlangsamen müssen. Es erklärt sich ferner, daß derartige eigenthümliche Combinationen der Wachsthumsfaktoren charakteristische Formen erzeugen werden, bei denen der kurze gedrungene Wuchs das bekannteste Merkmal ist.

Die Beschreibung dieser, in das Gebiet der klimatischen Varietäten gehörenden Formverschiedenheiten ist Sache der Pflanzengeographie; dagegen ist die biologische Eigenthümlichkeit hier anzuführen, daß Getreide aus größerer Meereshöhe in tiefen Lagen ausgesät, eine verkürzte Vegetationszeit gegenüber dem einheimischen Saatgut besitzt.[1]) Aus Keimversuchen mit Samen von Fichte, Kiefer u. a. Waldbäumen schließt M. Kienitz[2]), daß für die in niederen Regionen heimischen Fichtensamen die Minima, Optima und Maxima der Keimungstemperaturen höher liegen, als für die aus höheren Lagen stammenden Samen. Ebenso werden Untersuchungen über die stoffliche Zusammensetzung der Gewächse aus verschiedenen Höhen von der Pathologie nicht unerwähnt bleiben dürfen, da wir Aufschlüsse daraus über solche Fälle erwarten können, in denen sich Erkrankungen bei Pflanzen höherer Regionen zeigen, wenn sie in der Ebene kultivirt werden.

Die Lärche (Larix europaea, DC.) beispielsweise, deren Anbau immer mehr empfohlen wird, leidet in den Ebenen am Lärchenkrebs oder besser Lärchenbrand, einer Pilzkrankheit, bei der vielleicht der Frost als eine vorherwirkende Ursache nicht ausgeschlossen, wenn auch Infektionen gesunder Stämme durch den Pilz gelungen sind. In ihrer gebirgigen Heimath ist die Krankheit noch nicht beobachtet worden; keinesfalls ist sie dort stark verbreitet. Die Vermuthung liegt also nahe, daß die Kultur in niedrigerer Lage eine Veränderung in der Zusammensetzung der Substanz hervorruft und diese eine geringere Widerstands-

---

[1]) Schübeler: Die Pflanzenwelt Norwegens. Ein Beitrag zur Natur- und Kulturgeschichte Nordeuropas. Allgem Theil. Christiania, Bröggers Officin. 1873.

[2]) M. Kienitz: Vergleichende Keimversuche mit Waldbaumsamen aus klimatisch verschieden gelegenen Orten Mitteleuropas. Referat bot. Zeit. 1879. S. 597.

fähigkeit gegen die Krankheitsursache bedingt. R. Weber[1]) untersuchte Stammabschnitte und im Oktober gepflückte Nadeln von Lärchen der bayerischen Alpen, aus dem Spessart, aus der Mainthalebene u. s. w. Trotz der Verschiedenartigkeit des Bodens ergaben sich doch übereinstimmende Resultate betreffs des Einflusses der Höhenlagen, welche Verf. folgendermaßen zusammenfaßt:

Die organische Substanz der Nadeln nimmt in einer bemerkenswerthen Regelmäßigkeit mit der absoluten Höhe der Standorte zu; umgekehrt stellt sich der Gehalt an Reinasche. Der Aschengehalt ist auch ein absolut größerer, wenn die Lärche im Flachlande oder Mittelgebirge wächst, so daß also zur Herstellung der gleichen Menge verbrennlicher Substanz immer mehr Mineralstoffe von der Pflanze aufgenommen werden, je mehr ihr Anbau in die Ebene hinabsteigt. Grade die wichtigsten Aschenbestandtheile, Kali und Phosphorsäure, zeigen gegenüber den Alpenlärchen bei den Exemplaren der Ebene eine regelmäßige Zunahme. Betreffs des Kalkgehalts steht zwar die Lärche der Ebene obenan, doch scheint hier die Bodenbeschaffenheit sehr maßgebend zu sein. Magnesia und Schwefelsäure zeigen unbedeutende, Eisenoxyd und Kieselsäure wiederum größere Zunahme. Von Einfluß auf das Wachsthum des Baumes werden auch die in der Ebene stärkeren Schwankungen der Temperatur sein, wodurch ein früheres Erwachen und noch einmal folgende Hemmung, sowie ein früherer Abschluß und nochmaliger Beginn der Jahrringbildung innerhalb derselben Vegetationsepoche viel leichter möglich ist. Bei gesunden Lärchen aus krebszeigenden Gegenden konnte ich durchgängig bei einer im Januar stattfindenden Untersuchung constatiren, daß die sämmtlichen Exemplare nach Bildung des Herbstholzes noch eine 3—5 Zellschichten dicke Lage von Frühlingsholz gebildet hatten. Derartige Exemplare mit einem so weichen Gewebe werden gewiß für Frostbeschädigungen empfindlicher sein.

Bei weiteren Untersuchungen von Buchenlaub aus 11 verschiedenen Standorten konnte Weber[2]) wieder constatiren, daß das Aschenprozent in den Hochlagen über 1000 m Meereshöhe ein bedeutend niedrigeres war, als bei Buchenlaub aus den Tieflagen. Letzteres zeigte in seiner Asche aber einen geringen Theil an Kali, Phosphorsäure und Schwefelsäure, während die Blätter aus den Hochlagen so reich wie junges Laub an diesen Stoffen sich erwiesen; bei Kalk und Kieselsäure war die Vertheilung umgekehrt. Die Größe und das Gewicht eines Durchschnittsblattes nimmt mit der Höhe ab. Betreffs gestaltlicher Aenderungen giebt H. Hoffmann (Rückblick auf meine Variationsversuche, Bot.

---

[1]) R. Weber: Einfluß des Standortes auf die Zusammensetzung der Asche von Lärchen. Allgem. Forst- und Jagdzeitung 1873, S. 367 und in Biedermann's Centralbl. f. Agriculturchemie 1875, S. 336.

[2]) Weber: Einfluß des Standortes auf den Aschengehalt des Buchenlaubes. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1875, S. 221 cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agriculturchemie, 1875, II. S. 325.

Z. 1881, S. 431) das Beispiel an, daß Salix herbacea und reticulata, vom Hochgebirge in die Niederung verpflanzt, sich mit ihren neuen Sprossen aufrichten, statt am Boden zu liegen. Bei dem Uebergange aus der Niederung in's Hochgebirge wird Solidago Virga aurea ein armblüthiger Zwerg. Plantago alpina ist eine magere, nicht samenbeständige Gebirgsform der maritima mit kurzer Aehre. Die Länge der Aehre stieg in der Niederung in zweiter Generation von 15 auf 18 mm; die Blätter wurden breiter und selbst gezahnt. Die Blüthen wurden auf der Höhe weniger zahlreich, aber nicht kleiner. Hieracium alpinum brachte in der Niederung einzelne Exemplare mit hohen, stark verzweigten Stengeln; Aster alpinus wurde in einzelnen Exemplaren breitblättriger.

b) Große horizontale Differenzen.

Von derselben Bedeutung, den die vertikalen Erhebungen verschiedenen Grades ausüben, erweisen sich die plötzlichen Verschiebungen der Pflanzen von Nord nach Süd oder von Ost nach West. Die neueren, von Wittmack angeregten Anbauversuche[1]) mit Getreide nordischer Abstammung in südlichen Gegenden erweitern z. Th. die von De Candolle[2]) aufgestellten Regeln und führen den Verf. zu folgenden Schlüssen: Pflanzen aus dem Norden entwickeln sich in Mitteleuropa zwar etwas langsamer, holen aber später die einheimischen ein oder eilen ihnen gar voraus. Man sieht also, daß die im Norden angewöhnte kurze Vegetationsdauer manchmal durch die erhöhte Wärme des südlicheren Standortes noch mehr abgekürzt wird, vorausgesetzt, daß man es auch mit trocknem Klima zu thun hat. Das feuchte Klima Englands mit den niedrigen Maximaltemperaturen verzögert die Reife. Der Feuchtigkeitsgehalt der Luft ist sehr maßgebend und kann überall Verzögerung der Reife veranlassen; ebenso wie umgekehrt Gegenden mit großen Trockenperioden, Steppenklima und ähnlichen, von den Breitengraden nicht abhängigen Verhältnissen abgegrenzte Heerde mit frühzeitig reifenden Pflanzenformen bilden können. Allzugroße Trockenheit verzögert allerdings die Entwicklung, wie dies experimentell festgestellt worden ist. Daß der Zeitpunkt der Einwirkung der Wärme sehr wichtig, ist wohl erklärlich. Wärme im Juli und August ist vortheilhafter, als im Mai und Juni; bei dem Regen ist es umgekehrt. Nur nebenbei erinnert sei daran, daß die physikalische Bodenbeschaffenheit sehr wesentlich mitwirkt; denn bekanntlich verlangsamen schwere Böden die Reife.

Die Ergebnisse der vergleichenden Kulturversuche Wittmack's bestätigen

---

[1]) Ueber vergleichende Kulturen mit nordischem Getreide. Von Dreisch, Körnicke, Kraus, Vilmorin u. a., ref. von Wittmack. Landwirthsch. Jahrb. 1875, S. 479 und 1876, S. 613 ff.

[2]) Sur la méthode de sommes de température appliquée aux phénomènes de vegetation. Separat-Abzug der Bibliothèque universelle de Genève, 1875.

auch die Beobachtungen von De Candolle, der zu dem Schlusse kam, daß unter annähernd gleichen Breitengraden und Höhen die Temperatursummen über 0° im Schatten für dieselbe Entwicklungsphase (Blüthezeit, Laubfall u. s. w.) in den westlichen Gegenden Europas höher sind, als in den östlichen. Bei den Getreide-Anbauversuchen fand Wittmack, daß im Allgemeinen die Vegetationszeit für dieselbe Getreidesorte in östlichen Gegenden kürzer als in den westlichen ist. Die schnellere Entwicklung veranlaßt eine frühere Ernte im trockneren Osten als im Westen.

Glasige Getreidekörner.

Eine nur theilweise Bestätigung findet die früher von Schübeler gemachte Angabe, daß die Qualität der nordischen Samen sich im Süden bessere. Bei Gerste und Hafer fanden sich gegentheilige Erfahrungen, namentlich waren mit wenigen Ausnahmen die Spelzen stärker geworden. So giebt neuerdings auch Liebenberg[1]) an, daß bei der Getreideausstellung in Schweden die Haferproben durchschnittlich nur 22,67—32,04 % Spelzengewicht besaßen, während dasselbe bei oesterreichischen und französischen zwischen 25,23 % und 38,37 % schwankt. Im Allgemeinen kann die Ansicht von Haberlandt[2]) als gültig anerkannt werden; dieselbe spricht aus, daß ein kontinentales Klima glasige Körner erzeuge, daß dagegen kühle feuchte Sommer oder künstlicher Nährstoff- und Wasserreichthum mehlige Getreidekörner produziren. Aber auch hier können viele andere Faktoren die lokalen Versuchsresultate modifiziren. So zeigen z. B. die Wittmack'schen Resultate ein Glasigwerden des Weizens in Lokalitäten, die viel Regen hatten. Glasig nennt man die Getreidekörner, deren Endosperm hart, fast durchscheinend und im Querschnitt grau oder röthlich gefärbt ist, während bei den mehligen Körnern das Endosperm (der Mehlkörper) ammetartig, weich, weiß, porös und leicht zerreiblich ist.

Der glasige Zustand des Getreidekornes besteht nach den von Grönlund[3]) an mehliger und glasiger Gerste angestellten Untersuchungen darin, daß die stärkehaltigen Zellen des Sameneiweißes bei dem mehligen Korne die Zwischenräume zwischen den einzelnen Stärkekörnchen mit Zellsaft erfüllt zeigen, während die glasigen Körner diese Zwischenräume mit Protoplasma ausgefüllt besitzen. Die neueste Arbeit von Johannsen (Allg. Brauer- und Hopfenzeitung, 1884, Nr. 78 und 79) nimmt auch einen größeren Luftgehalt in der ganzen Masse des Kornes und nicht blos zwischen den Wänden bei den mehligen

---

1) Liebenberg v.: Bericht über die allgemeine nordische Samenausstellung u. s. w. 1882 cit. Bot. Centralbl. 1882, Nr. 43, S. 115.

2) Haberlandt: Die Abhängigkeit der Ernten von der Größe und Vertheilung der Niederschläge. Oesterr. landw. Wochenbl, 1875, S. 352.

3) Nach einer Preisschrift des Verf. cit. im Jahresbericht f. Agriculturchemie, XXIII (1880) S. 214.

Körnern an. Bei der Keimung, die das Plasma verbraucht, wird daher das glasige Korn zu einem mehligen. Nach Grönlund, der übrigens keine Beziehung zwischen Witterung und Entstehung des glasigen Zustandes anerkennt, keimen glasige Körner leichter und besser und geben kräftigere Pflanzen. Obgleich der Verf. auch von stark stickstoffhaltigem Boden glasige Körner als unbestreitbar annimmt, so glaubt er doch, daß magerer, sandiger, schlecht cultivirter Boden diese eigenthümliche Bildung viel sicherer erzeugt. Bei reiner Kalidüngung sah Grönlund ein mehliges Korn entstehen. Uebrigens kommen beide Formen in verschiedenen Uebergängen in derselben Aehre bisweilen vor. Bei der Entstehung glasiger Körner möchte ich annehmen, daß im sandigen Boden der Prozeß der Stärkebildung abgekürzt wird, und da Kali das Korn mehlig macht, so möchte ich viel eher glauben, daß die Leistung des Kali zu früh beschränkt wird und zwar dadurch, daß andere Prozesse, nämlich die Reifeprozesse zu früh und intensiv eintreten. Dies wird bei starker Licht- und Wärmewirkung um so früher geschehen, je weniger Wasser vorhanden ist. Dieser Fall ist sehr gut denkbar auch in Gegenden, die, wie Wittmack erfahren, viel Regen haben. Man darf nur annehmen, daß die Vertheilung des Regens eine solche bei durchlässigem Boden war, daß bei Beginn der Reife des Kornes die Pflanzen an Wasserarmuth litten. Für die Ansicht eines Ueberwiegens des Reifeprozesses zur Zeit, wo noch Mehlbereitung stattfinden sollte, spricht auch der Umstand, daß man (nach Sanio[1]) in Ostpreußen das Glasigwerden des Weizens dem Umstande zuschreibt, daß er überreif auf dem Halme wird. Analytisch gestützt findet sich die Ansicht durch die Untersuchungsergebnisse von R. Pott[2]), der bei 4 glasigen Weizensorten einen durchschnittlich höheren Prozent-Aschengehalt fand, als bei mehligen Körnern. Die Körner haben durch die schnelle Reife eben ihre Mineralstoffe nicht vollkommen zur Bildung der organischen Substanz ausgenutzt.

Einen Beitrag zur Kenntniß südlicher Weizen hat Reichardt durch eine Kleberbestimmung des ungarischen Grannenweizens geliefert, der um Jena wegen seiner Ergiebigkeit häufig gebaut, aber von den Bäckern nicht gern gekauft wird. Gegenüber der landläufigen Weizensorte jener Gegend fand Reichardt weder in Bezug auf den Stickstoffgehalt, noch auf den Gehalt an stickstofflosen Extraktivstoffen, Fett oder Asche einen sehr erheblichen Unterschied. Die Form aber, in welcher die Eiweißstoffe auftraten, machten ein sehr wesentliches Unterscheidungsmerkmal beider Weizensorten aus. Kleber war im ungarischen Grannenweizen nur 6,5 %, während die in der Jenaer Gegend allgemein verbreitete Sorte 11,32 % Kleber aufwies. Liebenberg (a. a. O.) fand, daß die sonst ausgezeichnete nordische Gerste 2 Nachtheile besitze, nämlich einen zu großen Prozentsatz glasiger Körner und eine zu dunkle Färbung, die vom Be-

---

1) Botanisches Centralbl. 1880, S. 310.

2) Jahresbericht f. Agriculturchemie, 1870—72, II. S. 5.

regnen der Ernte herrührt. Die Regengüsse treten erst zur Erntezeit auf; sonst herrscht durchschnittlich viel Trockenheit in Verbindung mit langer Lichtwirkung, wodurch auch die Roggensorten auffallend intensiv gefärbt erscheinen.

Aus den Ergebnissen langjähriger Beobachtungen Schübeler's[1]) ist hervorzuheben, daß diese durch eine kurze Vegetationszeit in nordischen oder alpinen Klimaten zur Gewohnheit gewordene Schnellwüchsigkeit nach 4—5jährigem Anbau in niederen Breiten wieder verloren geht. Zu- oder Abnahme der Vegetationsdauer bei dem Verlegen der Kulturländereien in verschiedene Breiten finden alljährlich schrittweise bis zu einem von dem gegebenen Klima constant erhaltenen Endpunkte statt.

Gelber Hühnermais von Hohenheim z. B., der im Jahre 1852 zu Christiania in 120 Tagen reifte, verkürzte bei wiederholter Aussaat seine Vegetationszeit bis 1857 um 30 Tage. Ebenfalls 90 Tage beträgt in Christiania die Entwicklungszeit der Gerste; das aus Alten (70°) stammende Saatgut brauchte nur 55 Tage.

Von den durch die hohe Lage verursachten stofflichen Eigenthümlichkeiten ist besonders wichtig, daß der Zuckergehalt der Früchte nach Norden hin ab-, das Aroma dagegen zunimmt und die Farbe der Blumen und Samen lebhafter wird. Bonnier und Flahault behaupten auch, daß nicht nur die Größe, sondern auch die grüne Farbe der Blätter an Intensität im Norden zunehmen[2]). Eine Zusammenstellung neueren Datums[3]), welche Schübeler'sche Versuche behandelt, führt folgende spezielle Beispiele an. Bei Weizen, dessen Samen aus Ohio und aus Bessarabien bezogen, stellte sich eine jährlich zunehmende dunkle Färbung der Körner ein, bis dieselben die gelbbraune Farbe des einheimischen norwegischen Winterweizens erhalten hatten. Aehnliche Resultate waren mit Mais, Bohnen, Erbsen, Sellerie u. a. erhalten worden. Die bereits erwähnte größere Intensität der Blüthenfarben, welche Eigenschaft bekanntlich auch auffallend mit zunehmender Erhebung über den Meeresspiegel sich zeigt, erschien bei den meisten Gartenblumen. Betreffs der Bildung aromatischer Stoffe ist als Beispiel der Wachholder anzuführen, der in Norwegen viel reicher an Oel als in Centraleuropa ist; Zwiebel, Knoblauch, Sellerie sind in Norwegen ungemein scharf. Die Erdbeeren sind sauer, aber aromatisch, während diese Früchte nach Götze in Coimbra ausgezeichnet süß, aber fast ohne jedes Aroma sind. Die Pflaumen bleiben so sauer, daß sie den aus südlicheren Gegenden stammenden Früchten gegenüber als unreif anzusehen sind.

---

[1]) Schübeler: Die Pflanzenwelt Norwegens, 1873, p. 77 u. ff.

[2]) Bonnier et Flahault: Observations sur les modifications des végétaux suivant les conditions physiques du milieu. Annal. d. sc. nat. Botanique t. VII. Paris 1879, p. 93.

[3]) The effects of Uninterupted Sunlight on Plants. Gard. Chron. 1880, I. S. 272.

Bei den Weinen läßt sich eine ähnliche Beobachtung machen, wenn man die süßen portugisischen Weine mit den blumereichen Rheinweinen vergleicht. Betreffs der Abkürzung der Vegetationsdauer ist die Notiz beachtenswerth, daß Weizen doch auch mit Vortheil in höhere Breiten gebracht werden kann, da er früher reift, obgleich die Mitteltemperatur eine geringere ist.

Bei diesem letzteren Ergebniß muß angenommen werden, wenn es sich durchgängig bestätigen sollte und nicht durch lokale, secundäre Faktoren, wie Trockenheit u. s. w. bedingt worden ist, daß die erhöhte Lichtdauer der nordischen Tage den direkten Wärmemangel ersetzen könnte. Man nimmt ja auch an, daß im grünen Blattkörper das Licht theilweise in Wärme umgesetzt und als solche wirksam wird, falls man nicht eine von A. De Candolle ausgesprochene Behauptung zur Stütze herbeiziehen will. Nach Ansicht dieses Forschers wirkt dieselbe Temperatur in verschiedenen Breiten verschieden, wie bereits oben (p. 8) citirt worden ist. Der Anbau von Sorten südlicher Gegenden, die nach nördlichen gebracht werden, läßt die Samen größer und schwerer werden; bei der Rückführung derselben nach ihrem Ursprungsorte verringern sich wieder Gewicht und Volumen. Ein ähnlicher Wechsel ist bei Blättern und Blumen anderer Pflanzen bemerkbar.

Pathologisch am wichtigsten ist die Erfahrung, daß die Samen nördlicher Gegenden in südlichen Lagen nicht nur früher reifen, sondern sich auch widerstandsfähiger gegen Fröste erweisen.

Es wäre zu früh, wollte man jetzt schon versuchen, die Ergebnisse der Untersuchungen über den Einfluß der abweichenden geographischen Lage auf die einzelnen Faktoren zurückzuführen. Man muß sich vorläufig begnügen, die Wirkungen der einzelnen Faktoren kennen zu lernen; dies muß durch das Experiment geschehen, aber kann auch durch Beobachtung der Erscheinungen an Oertlichkeiten, wo einzelne Faktoren dominiren, einstweilen angebahnt werden.

Für die Verschiedenheiten in der Vegetation zwischen Ebene und Gebirge, zwischen Süd- und Nordlage, sehen wir, sind die Wärme-, Feuchtigkeits- und Lichtverhältnisse von überwiegendem Einfluß. Diese Faktoren werden auch zur Erklärung des Unterschiedes im Wachsthumsmodus östlich und westlich verrückter Pflanzenkulturen in erster Linie herbeigezogen werden müssen. Zunächst ist in's Auge zu fassen, daß die Regenmenge von Westen nach Osten hin abnimmt, daß dagegen die Klarheit der Luft, sowie die Insolation in derselben Richtung zunehmen. Der größeren Wärmeentwicklung des Westens wird die größere Feuchtigkeit entgegenarbeiten, während die Trockenheit des Ostens als Unterstützung des Wärmeeinflusses angesehen werden darf. Auf einen Punkt endlich macht De Candolle[1]) aufmerksam, der zwar noch nicht experimentell geprüft

[1]) A. de Candolle: Sur la méthode des sommes de température appliquée aux phénomènes de la végétation. Archiv. des sc. physiques etc. Nouv. pér. LIII. LIV. Genf 1875, cit. Bot. Jahresber. 1875, S. 585.

ist, aber in der praktischen Erfahrung seine vielfache Bestätigung findet. Es ist nämlich die größere, vollkommnere Winterruhe der Pflanze, welche für die Schnelligkeit der nachherigen Entwicklung einflußreich werden muß. Man kann wohl annehmen, daß bei Andauer einer Temperatur, welche die Funktionen nicht sämmtlich zum Stillstand bringt, sich nun eine Anzahl vegetativer Prozesse mit langsamem, aber stetigem Stoffverbrauch (Oxydationsprozesse) vollziehen, ohne daß die Pflanze Ersatz durch neu assimilirtes Material erhält. Das dürfte namentlich bei zwei- und mehrjährigen Stauden und den Knospen der Zweige an Holzgewächsen fühlbar werden; dieselben werden früher treiben, aber schwächere Organe produciren (kleinere Blätter, größere Anzahl unfruchtbarer Blumen).

Des zunehmenden Gewichtes der Samen in den nördlichen Breiten ist im Vorhergehenden schon gedacht worden; es liegen aber auch Untersuchungen von Petermann[1]) vor, welche eine hohe Keimkraft schwedischer Samen von Kleearten, Lieschgras (Phleum pratense L.), von Fichte und Kiefer gegenüber den deutschen, französischen und belgischen Samen beweisen. Die durchschnittlich auch ein größeres Gewicht besitzenden schwedischen Samen bethätigen ihre größere Keimkraft nicht nur durch die Zahl der keimfähigen Samen, sondern auch durch die Energie, mit welcher die Keimung von statten geht. Diese Ergebnisse lassen sich recht gut durch eine größere Entwicklungsenergie der Pflanze in Folge vollkommenerer Winterruhe erklären.

Die Beobachtungen haben ihre sehr beachtenswerthe praktische Seite insofern, als sie klärend auf die Kulturmethode des Samenwechsels wirken. Es wird nicht genügend sein, überhaupt nur Saatgut aus andern Gegenden einzuführen, sondern es wird nothwendig sein, vor allen Dingen sich zu fragen, welche Eigenschaften man an der Kulturpflanze zu verbessern wünscht und in welchen Klimaten diese gewünschten Eigenschaften zu höherer Ausbildung gelangen. Von dorther bezogen, wird das Saatgut dann den gewünschten Erfolg zeigen.

Die Kulturerfolge, welche durch Benutzung von Pflanzen anderer Klimate erlangt werden, halten aber in der Regel nur für sehr wenige Vegetationsperioden vor. Manchmal tritt der Einfluß des jetzigen Standortes schon in der zweiten Vegetationsepoche auf und stempelt die Pflanzen der fremden Klimate schnell wieder zu einheimischen Produkten. Obstbäume, aus Angers bezogen, trieben und blühten auf Malorka schon zu Ende des Monats Februar, während die einheimischen erst einen Monat später blühten.[2]) Eine 2 Jahre später

---

[1]) Petermann: Recherches sur les graines originaires des hautes latitudes. Extrait du t. XXVIII. des Memoires couronnés et autres Memoires publiés par l'Acad. royale de Belgique, Bruxelles 1877.

[2]) Gartenzeitung von Wittmack, 1882, S. 374.

wiederum aus Angers eingetroffene Sendung zeigte dieselbe Erscheinung. Die Obstbäume der ersten Sendung blühten jetzt aber bereits später, nämlich gleichzeitig mit den einheimischen. Es ist dies also eine ähnliche vorübergehende Aenderung, wie sie Wittmack[1]) von Samen angiebt, die aus nördlicheren Gegenden bezogen werden. Selten vollzieht sich auch der Uebergang von dem bisher erblichen zu einem neuen, klimatisch bedingten Entwicklungsmodus so schnell, als er sich bei der Rückkehr verliert; doch haben wir in unsern Gemüsen Beispiele schneller Aenderung im Tropenklima. Nur im ersten Jahre behalten dieselben annähernd ihren Charakter; aber schon im zweiten Jahre geben die Samen dieser eingeführten Pflanzen gestreckte, verholzende Exemplare.[2]) Das sind eben unsere in's Variiren gekommenen Culturformen. Von schnellen Aenderungen wildwachsender Spezies ist nichts bemerklich, wie die Hoffmann'schen Versuche mit Parallelsaaten gewisser Formen von Phaseolus und Triticum in Gießen, Genua, Montpellier, Portici und Palermo[3]) gezeigt haben. Aehnlich der schnellen Variation bei unsern Salaten und andern Gemüsen erwähnt Hoffmann langsame, im Laufe vieler Generationen erst zu Stande gekommene Aenderungen; so wird Ricinus communis in den Tropen baumartig und perennirend; ebenso wird Reseda odorata in Neu-Seeland mehr oder weniger ausdauernd. Dagegen erscheint Bellis perennis in Petersburg einjährig.

c) Continental- und Seeklima.

Das charakteristische Merkmal der von dem Meere beeinflußten Gegenden besteht in den geringeren Schwankungen zwischen Sommer- und Wintertemperaturen, da die Sommer länger und kühler, die Winter wärmer sind. Unter dem Einfluß des atlantischen Oceans sehen wir das Frühjahr zeitiger eintreten, den Herbst länger währen, als in den Gegenden mit Continentalklima. Doch ist der Effekt auf die Vegetation trotz des früheren Anfangs nicht der erwartete; denn die Blüthezeit der Gehölze ist bei der geringeren Frühjahrswärme höchstens wenige Wochen früher und die Fruchtreife ist kaum früher, ja verzögert sich sogar manchmal und findet bisweilen gar nicht statt. Man denke an den in England im Freien nicht mehr reifenden Wein. Die Luft ist das ganze Jahr feuchter und in den Uebergangszeiten herrschen oft länger dauernde, starke Nebel.

Es ist schon früher der Ansicht von Haberlandt gedacht worden, wonach Frühreife der Pflanze sowohl in nördlichen als südlichen Breiten mit derselben Leichtigkeit eintreten und Veranlassung zur Bildung entsprechender Varietäten werden kann. Es spielen eben hierbei die Feuchtigkeitsverhältnisse maß-

---

[1]) Landwirthsch. Jahrbücher, 1877, S. 999.

[2]) Deutsche Gärtnerzeitung, 1883, Nr. 17.

[3]) H. Hoffmann: Rückblick auf meine Variationsversuche von 1855—1880. Bot. Z. 1881, S. 430.

gebend mit und solche kommen nun in großen Differenzen bei dem Continentalklima gegenüber einem feuchten Küstenklima zum Ausdruck. Die von Haberlandt ausgeführten Anbauversuche [1]) führen in dieser Beziehung zu folgenden Erfahrungen. Das aus feuchten Klimaten bezogene Saatgut liefert verhältnißmäßig mehr Stroh, aber weniger Körner; das Getreide ist auch leichter dem Lagern unterworfen. Dagegen kann man bei Saatgut aus trocknen Gegenden mit kurzem Frühjahr und heißem, trocknem Sommer die Produktion geringerer Stroh- aber reicherer Körnererträge beobachten, und Pflanzen von solchem Saatgut widerstehen besser der Trockenheit. Bei Samenwechsel ist der Bezug aus Ländern mit continentalem Klima vortheilhafter; die dort herrschenden harten Winter beeinflussen das Körnerprodukt in der Weise, daß die aus demselben entstandenen Pflanzen weniger der Gefahr des Auswinterns ausgesetzt sind, als solche, die aus dem feuchteren Westen mit seinem milderen Winter nach Osten verpflanzt werden.

Das Continentalklima bringt kleine, aber spez. schwere Körner hervor, während ein kühler und feuchter Sommer oder künstliche, reiche Wasser- und Nährstoffzufuhr zwar das Korn vergrößern, aber den Inhalt gleichsam lockern, indem an Stelle der glasigen Beschaffenheit die mehlige, verbunden mit abnehmendem spez. Gewicht und abnehmendem Stickstoffgehalt auftritt.

Wichtig für den Samenwechsel ist endlich die Beobachtung, daß Wintergetreide, aus Gegenden über dem 45. Breitengrade stammend, bei uns im Frühjahr angebaut, in demselben Jahre nicht mehr zum Schossen gelangt, daß dagegen solches, aus niederen Breiten bezogen, bei uns sich wie Sommergetreide verhält.

Bedenkt man, daß diese Beobachtungsergebnisse doch nur Anfangsleistungen in der Richtung eines Studiums klimatischer Einflüsse auf das biologische Verhalten der Pflanzenarten darstellen, daß eingehendere, systematisch durchgeführte Experimente die Resultate ungleich reichhaltiger machen und immer mehr stoffliche Unterschiede in der Zusammensetzung derselben Art nachweisen werden, und man wird die Ueberzeugung erlangen, daß in den verschiedenen Klimaten die Individuen derselben Art ganz verschiedenen Charakter besitzen und einer von außen wirkenden Krankheitsursache gegenüber bald sehr hinfällig, bald sehr widerstandsfähig sich erweisen können.

d) Neigung der Bodenoberfläche.

Bei Prüfung der lokalen Abänderungen in den Einflüssen der geographischen Lage fällt in erster Linie die Neigung der Bodenoberfläche in's Auge. Es handelt sich dabei hauptsächlich um eine Neigung von 1—10° gegen den

[1]) Fr. Haberlandt: Ueber die Acclimatisation und den Samenwechsel. Oesterreich. landw. Wochenbl. 1875, Nr. 1.

Horizont; denn die stärker geneigten Böden werden sich schon schwer zu Acker eignen. Aber selbst bei solchen Neigungen macht sich mit der Zeit der Einfluß geltend, den die Regengüsse ausüben; sie führen die Feinerde allmählich abwärts und lassen das Quarzskelett des Bodens zurück.

Die Himmelsgegend, nach welcher hin das Kulturland geneigt ist, fällt auch sehr in's Gewicht. Die südlichen oder südöstlichen Abdachungen sind wegen der großen Witterungsschwankungen die gefährlichsten. Die hier herrschende höhere Temperatur verursacht im Frühjahr eine schnellere Entwicklung, im Sommer eine größere Gefahr des Vertrocknens der Vegetation; denn diese Lage ist nicht nur für Südwinde, sondern auch für die trocknen Ost- und Südostwinde und für die kühlen, feuchten Westwinde offen; nur vor dem Nordwinde ist sie geschützt. Da während der Hauptvegetationszeit die trocknen Winde vorherrschen, so trocknen die südlichen Abhänge ganz besonders aus und an Bergen ist in Folge dessen die Südseite am schwersten wieder zu bepflanzen und findet sich daher meist kahl.

Die Unzuverlässigkeit der Südlage ist aber grade in den günstigen Vegetationsbedingungen zu suchen, welche einen frühen Beginn der Vegetation hervorrufen und auch ein schnelleres Reifen veranlassen. In kurzen kühlen Sommern kann durch solche Lage allein bisweilen die Ernte kurzlebiger Pflanzen ermöglicht werden. Darum nutzt man am besten die Neigung nach Süden durch die Kultur solcher Gewächse aus, welche der Frucht wegen gebaut werden und deshalb einer erhöhten Wärme- und Lichteinwirkung bedürfen. Eine kältere Lage dagegen wird besser für den Anbau solcher Gewächse Verwendung finden, deren Blatt- und Holzkörper zur Verwerthung bestimmt ist.

Bei der Kultur monocarper Gewächse, wie unsere Gemüse es sind, kommt die Schädlichkeit der sonst so bevorzugten Lage, nämlich die leichte Beschädigung durch Frühjahrsfröste, nur dann zur Geltung, wenn die Bestellung mit Pflanzen zeitig im Frühjahr vorgenommen wird. Größer ist der Schaden bei empfindlichen polycarpen Pflanzen, wovon unsere Nußbäume ein gutes Beispiel liefern. Hier finden wir in günstigen warmen Lagen häufig eine Mißernte, während in demselben Jahre die rauhen Lagen reichlich Nüsse liefern. Im ersteren Falle haben die durch stärkere Erwärmung früher herausgelockten jungen Triebe und Blüthenknospen durch einen Nachtfrost gelitten, der an den in hohen, rauhen Lagen befindlichen Exemplaren, die in der Entwicklung noch zurück waren, schadlos vorüber gegangen ist.

In der Gartenkultur sucht man bei Benutzung der Vortheile solcher Lagen die Nachtheile der Frühjahrsfröste zu vermeiden, indem man die Pflanzen künstlich zurückhält. Dies geschieht durch längere Bedeckung, indem entweder noch Schnee auf die zarten Pflanzen geschaufelt, oder Matten und Streu noch vermehrt werden. Bei Obstbäumen häuft man Schnee, Eis und Deckmaterial um die Basis, um die Erwärmung des Bodens und die Erregung größerer

Wurzelthätigkeit möglichst hinaus zu schieben. Welche Wärmedifferenzen durch eine Neigung von 10° hervorgerufen werden können, wenn man alle übrigen Verhältnisse als gleich annimmt, berechnet Holzner[1]) an einem Beispiel, in welchem er unter dem 50.° n. B. eine um 10° südlich geneigte Fläche einer andern mit 10° nördlicher Neigung gegenüberstellt. Die Summe der auffallenden Sonnenstrahlen verhält sich bei S zu N annähernd wie 3 : 2.

Die kalte, nördliche Lage wird sich zur Benutzung durch Wiese und Wald empfehlen. Ostabdachungen werden für sandige Bodenarten wegen ihres schnelleren Austrocknens gefährlich und daher bei schwerem Boden vortheilhafter; umgekehrt verhält sich die feuchte Westseite.

Betreffs der Erwärmung des Ackerlandes sind die Untersuchungen von Wollny[2]) besonders erwähnenswerth. In dieser Arbeit finden sich Beobachtungen von Kerner[3]) über die verschiedene Erwärmung der einzelnen Seiten eines Hügels citirt, die an die vorhergehenden Bemerkungen sich zunächst anschließen. Das Mittel aus dreijährigen Beobachtungen ergab, daß die Expositionen in abnehmender Wärme folgendermaßen sich gruppiren. Die wärmste Lage war SW.; dann folgte S., SO., W., O., NO., NW., N. Diese Skala zeigt, daß in Wirklichkeit die einzelnen Lagen sich nicht so verhalten, wie man theoretisch anfänglich wohl vermuthen sollte. Man möchte zunächst glauben, daß für gleiche Abstände der Sonne vom Meridian auch die Insolation gleich stark wäre, also die Südostseite dieselbe Wärmemenge wie die Südwestseite erhalten müßte. Daß dies thatsächlich nicht der Fall, erklärt sich Kerner damit, daß Nachmittags die Sonne in gleicher Höhe kräftiger wirke, weil die Saturation der Luft mit Wasserdampf Nachmittags niedriger und daher auch die Absorption der Sonnenstrahlen geringer sei, als in den Vormittagsstunden. Ein weiterer Grund wird von Lorenz[4]) citirt. Die Südwestseite hat nämlich länger Zeit als die Süd- und Südostseite gehabt, um von Thau und Regennässe zu trocknen; sie ist gleichsam vorgewärmt und dasselbe Wärmequantum fällt auf einen trockneren Boden, den es demgemäß mehr erwärmt.

Wichtiger für die Kulturen als der Jahresdurchschnitt ist aber das Monatsmittel, ev. das Wärmemaximum in den einzelnen Jahreszeiten. In dieser Beziehung ergeben die Kerner'schen Thermometer-Beobachtungen, daß nur im Winter (von November bis April) das Maximum der Bodentemperatur auf der Südwestseite liegt, daß dagegen von Mai bis August die

---

[1]) Holzner: Die Beobachtungen über die Schütte der Kiefer oder Föhre und die Winterfärbung immergrüner Gewächse. Freising 1877.

[2]) Wollny: Untersuchungen über den Einfluß der Exposition auf die Erwärmung des Bodens. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. I. S. 263.

[3]) Kerner: Ueber Wanderungen des Maximums der Bodentemperatur. Zeitschr. d. oesterr. Ges. für Meteorologie. Bd. VI. Nr. 5, 1871, S. 65 ff.

[4]) Lorenz und Rothe: Lehrbuch der Klimatologie. Wien 1874, S. 306.

Südostseite die höchste Wärme zeigt; im September und Oktober ist die Südseite am höchsten erwärmt. Diese Wanderung des Maximums dürfte sich durch die im Hochsommer herrschenden trocknen Ost- und Südost-Winde zwanglos erklären lassen, welche (immer gleiche physikalische Bodenbeschaffenheit vorausgesetzt) den Boden schneller abtrocknen und damit besser erwärmungsfähig machen.

Während die Untersuchungen von Kerner an einem natürlichen, aus diluvialem Sande bestehenden, mit ziemlich steilen, grasbewachsenen Böschungen versehenen Hügel bei Innsbruck stattfanden, experimentirte Wollny mit einem künstlich aus gesiebtem, humosem Kalksandboden errichteten Hügel, dessen Mantel zur Horizontalebene nur einen Winkel von 15^0 bildete. Hier waren also die Verhältnisse den zum Ackerbau thatsächlich verwendbaren Steigungen des Landes angepaßt.

Die Wollny'schen Beobachtungen bestätigen zunächst die von Kerner gegebenen Resultate betreffs der Wanderung des Wärmemaximums von Südost im Sommer nach Südwest im Winter. Ferner zeigt sich, daß im Allgemeinen die südlichen Lagen (SW., S., SO.) größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt sind gegenüber den andern, von denen die nördliche Abdachung die geringsten Schwankungen aufzuweisen hat. Bei einer andern Versuchsreihe zur Feststellung der Temperatur der Seitenflächen von Beeten bei verschiedener Lage gegen die Himmelsrichtung, im Vergleich zur Temperatur einer ebenen Ackerfläche in 15 cm Tiefe während der wärmeren Jahreszeit ergab sich Folgendes. Die Südseite ist am wärmsten; dann folgt im Mittel die ebene Ackerfläche, an dritter Stelle die Ost- und Westseite, während die nördliche Abdachung des Beetes als die kälteste erscheint. Wenn nun die Beete von Ost nach West gerichtet sind, kommt eine Längsfläche nach Süden, die andere nach Norden zu liegen und so haben die beiden Flächen die größten Temperaturdifferenzen, die sich in der Vegetation wohl abspiegeln können. Es ist daher günstiger, wenn man überhaupt den Acker in Beete legen will oder muß, dieselben von Nord nach Süd verlaufen zu lassen. Am vortheilhaftesten wegen der gleichmäßigen und durchschnittlich höheren Erwärmung ist der Anbau in ebener Ackerfläche, deren Temperatur zwar niedriger als die eines nach Süden geneigten Abhanges ist, aber die sämmtlicher anderer Expositionen übersteigt.

e) Zu steile Lage.

Bodenflächen von mehr als 15—20^0 Steigung auf kleinem Raume werden, soweit als möglich, als Wiese und Weideland benutzt werden müssen, wenn nicht der Garten- und Weinbau eine theure Terassirung lohnen. Wenn die Steigung einer Fläche einem halben rechten Winkel nahe kommt, ist dringend zu rathen, jede vorhandene Vegetation zu belassen und in geeigneter Anpflanzung die Bewaldung zu versuchen oder zu vervollständigen.

Richtung ihrer bisherigen Lebensfunktionen; später geht sie in einen Starrezustand über, indem die Bewegungserscheinungen des Plasma's aufhören, die Empfindlichkeit für Reiz verloren geht und das Wachsthum bald sistirt wird. Die Pflanze stirbt aber nicht sobald; sie athmet (haucht Kohlensäure aus) noch verhältnißmäßig stark weiter fort und kann selbst nach längerem Scheintode durch erneuete Sauerstoffzufuhr wieder ihre gewohnten Funktionen aufnehmen.

Schon von Wichtigkeit für den vorliegenden Fall ist die veränderte Stoffbildung der Pflanzentheile in sauerstofffreier Atmosphäre. Es ist von Lechartier und Bellamy[1]) durch eine Reihe von Versuchen nachgewiesen worden, daß nicht nur in unserem Kernobst und anderen Früchten, sondern auch in Blättern und Wurzeln Alkohol in der ohne Sauerstoffzufuhr vegetirenden Parenchymzelle sich bildet. Selbst bei Pilzen (Agaricus campestris) fand Müntz[2]) eine beträchtliche Menge von Alkohol und Wasserstoff bei längerem Aufenthalt in sauerstofffreier Luft; das Material zu diesem Alkohol kann nur die Zuckerart, die allein hier vorhanden, nämlich der Mannit, gegeben haben, während bei andern Pilzen, die in einer Atmosphäre von Kohlensäure nur Alkohol (ohne Wasserstoff) producirt, die Trehalose in Gährung übergegangen sein muß. War der Aufenthalt in der sauerstofffreien Atmosphäre kein zu langdauernder, so kann der Pilz wieder seine normalen Lebensfunktionen ausüben. In Bestätigung der obigen Beobachtungen kommt Müntz[3]) bei Untersuchung höherer Pflanzen zu dem Schlusse, daß dieselben in einer Stickstoffatmosphäre Alkohol erzeugen und fortleben, während sie bei Zutritt von atmosphärischem Sauerstoff keinen Alkohol bilden. Schon früher hatte Adolf Mayer[4]) für die durch Hefe erzeugte Gährunz die Ansicht ausgesprochen, daß dieser Vorgang eine Athmung bei Sauerstoffabschluß sei. Pasteur[5]) und Böhm[6]) hatten eigentlich schon nachgewiesen, daß sich in ganz gleicher Weise auch alle höher organisirten Land- und Wasserpflanzen verhalten, indem sie in sauerstofffreien Medien einen Theil ihres Leibes zu Kohlensäure und Alkohol, wie die Hefe bei der Selbstgährung, verbrennen. Grüne Pflanzentheile allerdings können sich bei hinreichend intensiver Beleuchtung durch Zerlegung der unmittelbar vorher abgespaltenen Kohlensäure wieder eine für die normale Athmung geeignete Atmosphäre herstellen.

---

[1]) De la fermentation des pommes et des poires. Compt. rend. t. LXXIX p. 949. — De la fermentation des fruits ib. p. 1006.

[2]) Comptes rend. LXXX I. p. 178.

[3]) Annales de Chemie et de Physique 1878 S. 543 cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agriculturchemie 1879, S. 154.

[4]) A. Mayer: Untersuchungen über die alkoholische Gährung. Landwirthsch. Versuchsstationen 1871.

[5]) Faits nouveaux pour servir à la conaissance de la théorie des fermentations proprement dites. Compt. rend. 1872, S. 784.

[6]) Böhm: Ueber die Respiration von Landpflanzen Sitz.-Berichte d. k. Akad. d. Wissensch. in Wien 67, I. Abth.

Brefeld's[1]) Experimente führen zu dem Schlusse, daß die Alkoholgährung bei allen Pflanzen, von den niedrigsten bis zu den höchsten stattfinden kann, sobald Sauerstoffabschluß eintritt. Es zeigt sich aber eine sehr wesentliche Differenz bei den einzelnen Alkohol producirenden Organismen. Während bei der Hefe (Saccharomyces) die Gährungserscheinung als Höhepunkt der normalen Leistung des Organismus, der bei dem Vorgange der Zuckerzersetzung wirklich wächst, anzusehen ist, erscheint er bei den Zellen phanerogamer Pflanzen als abnormer, frühzeitig mit dem Tode der Zelle endigender Prozeß, der sich von der reinen, nur Alkohol und Kohlensäure producirenden Gährung der Hefe wesentlich durch Auftreten weiterer Zersetzungsprodukte, unter denen Fuselöle und Säuren besonders auffällig sind, unterscheidet. Unter den eine wirkliche Alkoholgährung noch einleitenden Pilzen ist aber auch schon ein großer Unterschied betreffs ihrer Fähigkeit, Alkohol zu vertragen. Für Saccharomyces ist erst bei 12 Gewichtsprozenten die Wachsthums- bei 14 die Gährungsgrenze. Bei Mucor racemosus, der auch ohne freien Sauerstoff vom Zucker wächst, findet sich schon bei $4\frac{1}{2}$ und $5\frac{1}{2}$ % Alkohol Wachsthums- und Gährungsgrenze und Mucor stolonifer wächst gar nicht mehr und wirkt schon bei 1,5 % Alkohol nicht mehr gährungserregend. Es ist aus diesen Resultaten zu schließen, daß auch die phanerogamen Gewächse in sehr verschiedenem Grade unter denselben äußeren Verhältnissen zur Alkoholbildung gelangen und dieselben in verschiedenem Maße ertragen.

Später spricht Müntz[2]) ganz allgemein den Alkohol als eines der Zersetzungsprodukte der organischen Substanzen an, der sich sowohl auf der Oberfläche der Erde, als im Boden wie in der Meerestiefe bildet und sich nach den Gesetzen der Dampfspannung in der Atmosphäre verbreitet.

Daß bei Alkohol-Gährung auch organische Säuren und darunter Essigsäure auftreten, kann nicht auffallend erscheinen. Es ist nun sehr wahrscheinlich, daß eine Anhäufung derartiger Säuren endlich als Gift auf den Organismus wirken muß und daß bei Wurzeln, welche vom atmosphärischen Sauerstoff ganz oder nahezu gänzlich abgeschlossen sind, ein allmähliches Absterben sich einstellen wird.

Bei den zu tief gepflanzten Bäumen wird der Sauerstoffmangel für die Wurzeln um so eher sich einstellen, je größer die wasserhaltende Kraft des Bodens ist und je mehr die Bodenräume durch Wasser abgeschlossen sind. Dieses Wasser in der Umgebung der lebenden Wurzeln wird nun selbst immer gefährlicher für die stärkeren noch gesunden Wurzeln und für die eingesenkte Stammbasis, indem es sich immer mehr mit Kohlensäure beladet. Wenn man

---

[1]) Ueber Gährung, III. Vorkommen und Verbreitung der Alkoholgährung im Pflanzenreiche. Bot. Zeit. 1876, S. 381.

[2]) Aus Compt. rend. t. LXXXXII p. 499 cit. in Biederm. Centralbl. 1881, S. 709.

gesunde Pflanzen in kohlensäurereiches Wasser setzt, fangen sie an, zu welken und ein Absterben der Blätter zu zeigen.[1]) Es wird also bei den zu tief liegenden Baumwurzeln ein Vergiftungstod sich einstellen, der erst die zarten Organe, später die älteren Wurzelverzweigungen erfaßt, und gleichzeitig werden die jauchigen Zersetzungsprodukte auch den ganzen Erdboden zum Pflanzenwachsthum untauglich machen. Böhm[2]) führt ein Beispiel aus der neuesten Zeit in den absterbenden, zu tief gepflanzten Ailanthus der Ringstraße in Wien an. Diese Bäume hatten schon seit Jahren im Wachsthum nachgelassen; denn die Jahresringe, welche in den ersten Jahren nach der Pflanzung noch oft mehr als 3 cm Breite aufwiesen, waren in den letzten Jahren vor dem Tode auf 0,5 cm zurückgegangen. Zur Zeit des Absterbens erwies sich die Erde der Wurzelballen so schädlich, daß Samen verschiedener Pflanzen, welche teils offen, teils unter tubulierten Glasglocken in solche verjauchte Erde eingelegt wurden, alsbald in Fäulniß übergingen. Die Samen entwickelten sich aber üppig, nachdem diese Erde, wiederholt mit Wasser befeuchtet, in dünnen Schichten während 8 warmer Julitage dem Einfluß der Atmosphäre ausgesetzt worden war.

Betrachten wir jetzt die innerhalb des Erdbodens befindliche Stammbasis, an welcher bei zu tief gepflanzten Bäumen mit schwammiger Rinde, wie bei dem oben erwähnten Ailanthus in Wien, diese gänzlich vermorscht. Je nach dem Alter und dem Rindenbau des Baumes, sowie nach der physikalischen Bodenbeschaffenheit wird früher oder später in dem verschütteten Stammstück eine Störung der absolut nöthigen Luftcirculation eintreten. Diese Störung wird sich auch in den beiden Durchlüftungssystemen des Stammes, nämlich in dem Gefäßsystem des Holzkörpers und dem durch keine wahrnehmbaren Hohlräume mit demselben communicirenden Rindensystem geltend machen. Das von mehr oder weniger stark entwickeltem Korkkörper geschützte grüne Rindenparenchym wird von der atmosphärischen Luft umspült; dieselbe dringt durch die Lenticellen in die Intercellularräume und circulirt in denselben. Die Luft in den Gefäßen des Holzkörpers, die wohl zum Theil durch das Wasser aus den Wurzeln, zum großen Theil durch Diffusion von den Seiten her in die Gefäße gelangt, circulirt auch, wie früher bereits erwähnt, ja es findet wahrscheinlich, wie aus den Untersuchungen von v. Höhnel[3]) hervorgeht, eine tägliche Periodicität bei dieser Durchlüftung statt. Die ursprünglich wassererfüllten Gefäße leeren sich im Laufe des Tages theilweis oder gänzlich, da die überstehenden und umgebenden Gewebe das Wasser entziehen. Der verdunstende

---

[1]) W. Wolf: Tagebl. d. Naturforscherverf. z. Leipzig, 1872, S. 209.

[2]) J. Böhm: Ueber die Ursache des Absterbens der Götterbäume und über die Methode der Neubepflanzung der Ringstraße in Wien. Faesy und Frick.

[3]) v. Höhnel: Beiträge zur Luft- und Saftbewegung in der Pflanze. Pringsheims Jahrb. f. wissenschaftliche Bot. Bd. XII. Heft 1. S. 120.

Blattkörper des Baumes bedarf sehr großer Wassermengen und saugt dieselben aus dem Holzkörper der Aeste, die ihren Verlust aus dem Stamme decken, in welchem also eine Saugwelle bis nach der Basis hin und von da bis in die Wurzelspitzen fortschreitet. Da mehr Wasser den Gefäßen entzogen wird, als augenblicklich nachfließen kann, so entsteht ein luftverdünnter Raum in denselben, der einen um so größeren negativen Druck (Saugkraft) besitzt, je weniger Luft anfangs vorhanden oder langsam durch die Membranen diffundirt; denn um so mehr muß sich das ursprünglich kleine Luftvolumen zur Ausfüllung des immer größer werdenden Hohlraumes ausdehnen. In der Nacht, in welcher die Verdunstung gehemmt oder doch sehr herabgedrückt ist, saugen die Gefäße des Stammes wieder große Wassermengen auf, ja es wird häufig dieses Saugbestreben noch durch einen von dem Wurzelkörper ausgehenden Druck bestärkt, der so viel Wasser in die Gefäße pressen kann, daß ein Theil durch die Wandungen in die umgebenden Zellen und Zwischenzellräume gelangen könnte. Ist die aus dem Wurzelkörper herauf gesogene und gepreßte Flüssigkeit gesund, dann wird selbst eine größere Infiltration der Intercellularräume ohne Nachtheil für den Pflanzenkörper vorüber gehen, wie Moll [1]) gezeigt hat; wenn aber die Wassermasse bereits mit Gährungsprodukten aus den verjauchenden Wurzelspitzen beladen ist, dann sehen wir durch diesen Vorgang Giftstoffe in den besonders empfindlichen Splint und Rindenkörper getrieben, und nun breitet sich auch hier leicht das Absterben aus.

Die zu tief gepflanzten Bäume sterben aber meist nur in schwerem, mit Wasser dauernd überladenem Boden; in leichten Bodenarten kümmern sie wohl, aber bleiben am Leben. Wenn der schwere Boden mit seiner Wasserfüllung die Stammbasis umgiebt und die durch die Lenticellen stattfindende Intercellulardurchlüftung verhindert, müssen aber auch selbstständig Alkoholgährung und Essigsäurebildung in den Rindenzellen auftreten und zum Absterben führen, das sich dann radial auf die Cambiumzone und den jungen, bei der Wasserleitung besonders thätigen Splintkörper fortsetzt.

Es bleibt dann von Jahr zu Jahr ein immer kleiner werdender Cylinder aus Kernholz in der Mitte des Stammes übrig, der das Wasserbedürfniß des oberirdischen Theiles decken soll. Das wasserärmere Kernholz aber wird auch weniger zur Wasserleitung tauglich sein und die todten Gewebe des Holzkörpers, die allerdings auch noch Wasser leiten, werden durch ihre Hülfe nicht hinreichen, das Wasserbedürfniß der Krone zu decken. In Folge dessen welkt endlich der Baum oder treibt im Frühjahr seine Knospen nicht mehr aus.

Es sterben aber nicht alle Bäume, die zu tief gepflanzt oder gar theilweis verschüttet worden sind. Bei Weiden und Pappeln z. B. findet man

[1]) Untersuchungen über Tropfenausscheidung und Injektion, 1880, p. 78. Sep. aus Verslag en Mededeeling d. Koninkligke Akad. Amsterdam cit. bei Pfeffer: Pflanzenphysiologie, 1881. I. p. 159.

zwar den in der Erde eingesenkten Theil abgestorben; aber in der Nähe der Bodenoberfläche erscheint die Fäulniß sistirt; aus dem Stamme haben sich zahlreiche Adventivwurzeln gebildet und diese rufen einige Zeit nach der Verschüttung wieder eine gesunde Entfaltung der Baumkrone hervor. Der Baum wird also gerettet, wenn er im Stande ist, schnell neue Wurzeln in der Nähe der Erdoberfläche zu erzeugen.

Der Umstand, daß die nicht parasitären Fäulnißprozesse im verschütteten Stammende in der Nähe der Bodenoberfläche aufhören, führt zu der Vermuthung, daß die Zersetzungsprozesse nicht die gesunde Pflanzenzelle, sondern erst eine abnorm funktionirende, geschwächte anzugreifen vermögen. Eine solche Schwächung ist auch thatsächlich da. Es ist anfangs erwähnt worden, daß die vom Sauerstoff der Luft abgeschlossene, lebenskräftige, stoffreiche Zelle alsbald anfängt, Alkohol zu entwickeln, der vorher nicht da war und auch wieder verschwindet, wenn man atmosphärische Luft der Pflanze neu hinzuführt. Es ist ferner nachgewiesen worden, daß die Pflanze bei Sauerstoffabschluß lange Zeit weiter Kohlensäure in beträchtlichen Mengen abscheidet (intramolecular athmet), aber daß diese Kohlensäuremengen bei längerer Versuchsdauer sich doch als kleiner herausstellen, wie diejenigen der in sauerstoffhaltiger Luft athmenden Pflanzen.[1]) Da die Kohlehydrate (Stärke, Zucker) das Material zur Athmung abgeben, so ist aus den obigen Thatsachen zu entnehmen, daß diese Inhaltsstoffe der Zellen in abnormer Weise bei Sauerstoffabschluß verarbeitet werden. Man kann mit Pfeffer[2]) die Athmung als einen aus zwei ineinander greifenden Vorgängen sich herstellenden Prozeß auffassen. Der erste Vorgang ist die in Gährungserscheinungen sich kundgebende, intramoleculare Athmung, die Borodin[3]) auch innere Verbrennung nennt; der zweite, nur unter Sauerstoffzufuhr von außen mögliche Theil ist die sofortige weitere Verbrennung der Gährungsprodukte im Augenblick ihrer Entstehung. Wenn dieser letztere, für das Zellleben unbedingt nothwendige Akt unterbleibt, dann verliert nicht nur die sauerstofflose Stammzone des zu tief gepflanzten Baumes ihr Athmungsmaterial, wird also an Reservestoffen immer ärmer, sondern sie bildet nun auch diejenigen Produkte, die zur Fäulniß und zum Tode der Zelle führen.

---

[1]) Wortmann (Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung der Pflanzen. Inauguraldissertation, Würzburg 1879) giebt zwar an, daß die Kohlensäuremengen bei der intramolecularen und normalen Athmung gleich groß sind; es will mir aber scheinen, daß die kurze Dauer seiner Versuche ihn noch hat Nachwirkungen der bisherigen normalen Funktionen mit beobachten lassen. Er giebt auch selbst zu (S. 31), daß bei langer Zeitdauer von den angewendeten Versuchsobjekten ohne Zutritt von Sauerstoff eine geringere Quantität an Kohlensäure producirt worden ist, als dieses bei fortdauernder Gegenwart von Sauerstoff der Fall gewesen.

[2]) Pfeffer: Ueber das Wesen und die Bedeutung der Athmung. Landwirthschaftl. Jahrb. 1878.

[3]) Borodin: Sur la respiration des plantes pendant leur germination.

Die ungenügende Athmung also ist die nothwendige Vorbedingung für das Absterben und in dem Maße, als der verschüttete Theil, sich der Bodenoberfläche nähernd, allmählich immer mehr und mehr Sauerstoff bekommt, wird auch der Gährungsprozeß sich abschwächen und in den normalen Verbrennungsprozeß übergehen, somit auch die Fäulniß allmählig ihre Grenze finden. Es handelt sich dann nur noch darum, daß der Baum die Möglichkeit hat, oberhalb dieser Grenze im Erdboden neue Wurzeln zu bilden, um den durch die Transpiration des Laubkörpers entstehenden Wasserverlust zu decken. Die kümmerliche Produktion, welche man in dem ersten Jahre häufig wahrnimmt, verschwindet, je mehr plastisches Material abwärts wandern und zu Neubildungen am Holzringe des Stammes und Wurzelkörpers verwendet werden kann. Je schneller das Wachsthum, desto größer die Energie der Athmung, wie schon Saussure gezeigt, und je mehr der flach streichende, neue Wurzelkörper selbst auch vom Lichte berührt wird, desto mehr steigern sich seine Kohlenhydrate und damit seine Sauerstoffabsorption und Kohlensäureabgabe. [1])

Daß die verschiedenen Holzgewächse eine sehr verschiedenartige Empfindlichkeit gegen das zu tiefe Pflanzen zeigen, ist nicht besonders hervorzuheben; es ist selbstverständlich. Bekannt als ganz besonders empfindlich sind die Ericaceen und Epacrideen, bei denen es vorkommt, daß die Stammbasis abstirbt, ohne daß der Wurzelkörper sehr gelitten. Wenn die Stämmchen Moos und Flechtenvegetation an der Basis zeigen, so hat man bereits allen Grund, vorsichtig zu sein. Den Grund hiervon möchte ich in einem Auftreten minimaler Rinden-Sprünge vermuthen, die durch ein Begießen direkt auf die Stammbasis hervorgerufen werden können.

Bei der Baumzucht läßt sich nicht eine allgemein gültige Regel betreffs der Pflanzhöhe geben. Abgesehen von der Bodenart, deren physikalische Beschaffenheit hier ausschlaggebend ist, kommt es bei veredelten Bäumen auf die Unterlage an. Die auf Wildling veredelten Obstsorten pflanze man derart, daß ihr Wurzelhals in der Ebene der Bodenoberfläche bleibt oder selbst etwas darüber hinausragt (bei Moorboden mit großer Nässe verwendet man sogar Hügelpflanzung). Die auf Zwergunterlage veredelten Birnen (auf Quitte) und Aepfel (auf Doucin und Paradies-Aepfel) dagegen müssen mindestens so tief in den Boden, daß die Veredlungsstelle im gleichen Niveau mit der Bodenoberfläche sich befindet, also die ganze Unterlage im Boden verbleibt. Es entwickeln sich aus dieser eine größere Menge Adventivwurzeln, die der Ernährung sehr förderlich sind.

Eine schöne Zusammenstellung praktischer Erfahrungen hat der verstorbene

---

[1]) Borobin: Mémoires de l'Acad. impériale des sciences de St. Petersbourg. VII. serie. 1881.

Inspektor des Berliner botanischen Gartens, Bouché[1]), gegeben. Er weist zunächst darauf hin, daß man an alten, gesunden Bäumen die starken Wurzeln über den Boden liegen sehe; dieses Heraustreten des Wurzelhalses sei der normale Fall. Manche Bäume vertragen in der Jugend ein tiefes Pflanzen, da sie aus der Stammbasis dicht unter der Oberfläche neue Wurzeln treiben (Rüstern und Linden); andere dagegen sind sehr empfindlich, wie z. B. Birke, Ahorn, Eichen, die meisten Rosaceen, Platanen, Nüsse, Roth- und Weißbuchen. Auch die meisten Nadelhölzer erfordern Aufmerksamkeit bei der Pflanzung, wie die Gattungen Pinus, Picea und Abies und theilweis auch Thuja, nämlich Thuja (Biota) orientalis und die damit verwandten Arten, während ein tiefes Pflanzen der Thuja occidentalis, Warreana und plicata zuträglich sich erweist. Selbst 5—8 cm starke Stämme sah Bouché eine Menge neuer Wurzeln aus der verschütteten Stammbasis treiben und sich dadurch sehr kräftigen. Iuniperus communis will flach stehen, dagegen vertragen I. Sabina und Verwandte eine tiefe Pflanzung mit Vortheil. Von Pappeln und Weiden ist bekannt, daß eine tiefe Pflanzung durch eine neue Wurzelbildung an der Erdoberfläche sofort ihr Gegengewicht erhält; bei schwachen Stämmen findet man oft, daß die dicht unter der Oberfläche gebildeten Wurzeln die Oberhand über die älteren, tieferen gewinnen. Für viele Sträucher ist es thatsächlich oft vortheilhafter, sie tiefer als früher zu pflanzen, weil sie durch zahlreiche neue Wurzeln aus den verschütteten Stengelbasen sich um so mehr kräftigen. Dies bemerkt man beispielsweise bei Calycanthus, Cornus alba und sibirica, Ribes, manchen Spiraea-Arten, Viburnum Opulus, Aesculus macrostachya, Symphoria, Ligustrum, Rosa gallica u. A. Flach dagegen sind zu pflanzen Caragana, Berberis. Colutea, Cornus mascula und sanguinea, Corylus, Cytisus, Rhamnus, Sambucus.

Bei Straßenpflanzungen kann außer den plötzlich nothwendig werdenden Aufschüttungen auch das Asphaltiren und Cementiren der Straßendämme für die Wurzeln der Bäume sehr gefährlich werden. Es ist nicht bloß das Absperren der atmosphärischen Luft, sondern auch der Verlust der atmosphärischen Niederschläge, auf welche die Bäume in großen Städten um so mehr angewiesen werden, je tiefer durch Canalisation u. dgl. unterirdische Bauanlagen der Grundwasserspiegel gesenkt wird.

Junge Bäume, welche nach der Senkung des Grundwasserspiegels gepflanzt werden, suchen trotz der vermehrten Tiefe der Wasserquelle diese dennoch zu erreichen. Um dies zu erleichtern, müssen in solchen Oertlichkeiten die Baumpflanzlöcher wesentlich tiefer gemacht werden. In Berlin beträgt diese Vertiefung nach Bouché 60 cm, so daß jetzt die Baumlöcher 1,5 m tief gegraben werden.

---

[1]) C. Bouché: Ueber das Tiefpflanzen von Bäumen 2c. Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. v. Wittmack 1880, S. 212 und Wredow a. a. O. S. 75.

Nach Wredow sollen Bäume und Sträucher, die aus Stecklingen gezogen werden, sich tiefer pflanzen lassen, als die aus Samen gezogenen.

Zu tiefe Lage der Saat.

Die Erfahrung wird auch jetzt noch vielfach gemacht, daß bei reicher Aussaat keimfähiger Samen eine verhältnißmäßig geringe Menge von Pflanzen erzogen wird. Häufiger, als man in der Regel glaubt, liegt die Ursache in einem zu tiefen Unterbringen der Samen. Bei dem Eineggen oder dem in Mecklenburg bei Gerste üblichen Unterhacken [1]) ist es gar nicht zu vermeiden, daß einzelne Samenkörner sehr tief, andere sehr flach zu liegen kommen. Gleichmäßigkeit kann nur durch Bestellung mit der Drillmaschine erzielt werden. Aber auch der Gärtner, der bei Topfaussaaten eine sehr gleichmäßige Bedeckung der Samen herstellen kann, erhält bei sehr feinen Sämereien nicht selten nur einen geringen Prozentsatz an Pflanzen, selbst wenn der Same gut und keimfähig war.

Die Vorgänge, welche die Verluste hervorrufen, sind aber nicht immer dieselben und finden auch nicht immer unter denselben Bedingungen statt; deßhalb ist es auch nicht möglich, allgemeine Regeln zu geben. Es bleibt nichts übrig, um sich vor Nachtheilen in dieser Beziehung zu schützen, als sich den Einfluß der einzelnen Faktoren, welche bei der Aussaat zu beachten sind, klar zu machen und zu sehen, unter welchen Combinationen derselben der Fall eintreten kann, daß eine große Anzahl keimfähiger Samen doch nur eine kleine Anzahl Pflanzen zur Ausbildung gelangen läßt.

Die Keimung läßt eigentlich drei Phasen erkennen. Jede derselben kann Störungen erleiden und Ursache für das Fehlschlagen der Pflanzen werden. Das erste Stadium umfaßt die Quellung und kann als ein mechanischer Vorgang aufgefaßt werden, bei welchem (wahrscheinlich durch Wasserverdichtung) eine Temperatursteigerung beobachtet worden ist. Er leitet das zweite Stadium, die Mobilisirung der Reservestoffe, eine Kette chemischer Erscheinungen, ein, und diese begleiten den dritten Akt, den der gestaltlichen Entwicklung.

Störungen im Stadium der Quellung sind mehrfach beobachtet worden. Nobbe und Haenlein [2]) fanden ganz besonders bei Papilionaceen und Caesalpiniaceen die Samenschale bisweilen so undurchdringbar für tropfbar flüssiges Wasser, daß die Samen jahrelang den Embryo ohne Regung, aber immer noch gesund behielten. Der Same keimte nicht, weil er nicht aufzuquellen vermochte. Bei den Kleesamen erweist sich die oberflächlich gelegene Stäbchen-

[1]) Eggers-Gorow: Versuche über den Nutzen oder Nachtheil einer flachen oder tiefen Bestellung der Gerstenkörner. Mecklenb. landw. Annal. 1874. Nr. 23.

[2]) Nobbe und Haenlein: Ueber die Resistenz von Samen gegen die äußeren Faktoren der Keimung. Versuchsstationen 1877, S. 71.

oder Hartschicht, in deren Zellen der Farbstoff sitzt, so impermeabel für Wasser, daß manche Körner 8—14 Tage lang in englischer Schwefelsäure und jahrelang in Wasser liegen können, ohne auch nur ihren an und für sich im Wasser löslichen Farbstoff aus den Stäbchenzellen zu verlieren. In solchen Fällen hilft nur mechanische Behandlung. Galter und Klose[1]) vermischten die Samen von Luzerne und Kleearten mit feinem Sande und rieben ein solche Mischung enthaltendes Säckchen 10 Minuten lang unter den Füßen. Ohne daß die Samen sich wesentlich beschädigt zeigten, erwies sich nach dieser Behandlung die Luzerne um 13,4 %, Weißklee um 10,2 %, Hornklee um 37,8 % quellungsfähiger. Nobbe[2]) führt Beispiele von einer unerwartet langen Erhaltung der Keimkraft an. Kiefernsamen von Pinus silvestris, aus dem Jahre 1869 stammend, lieferten nach fünfjähriger Aufbewahrung in verschlossenen Gläsern innerhalb eines bewohnten Zimmers noch 32 %, nach 7 Jahren noch 12 % keimungsfähige Samen. Rothklee (Trifolium pratense) zeigte bei derselben Aufbewahrung nach 12 Jahren noch 10,5 %, Erbse (Pisum sativum) nach 10 Jahren noch 47,7 %, Spergula arvensis nach 12 Jahren noch 20 %, Lein (Linum usitatissimum) nach 6 Jahren noch 49 %, nach 11 Jahren noch 3 % keimender Samen. Von 400 Körnern der Akazie (Robinia Pseud-Acacia) waren nach 10 Tagen, nach welchen die für praktische Zwecke gültige Versuchszeit aufhört, 71 Körner, bis Ende des Jahres noch 55 Körner, im folgenden Jahre noch 18, im darauf folgenden noch 7 und nach 7 Jahren noch 1 Same gekeimt und zwar bei steter Aufbewahrung derselben in zeitweise erneuertem destillirtem Wasser.

Nach diesen Erfahrungen darf uns die Thatsache nicht mehr Wunder nehmen, daß manche verschüttete Samen, unbeschadet ihrer Lebenskraft, Jahrhunderte überdauern. Auch bei den vorerwähnten Akaziensamen war der nach 7 Jahren ungekeimt gebliebene Rest noch völlig gesund. Eine geringe Verletzung der Samenschale hatte nach wenigen Stunden Aufquellung und in der Regel auch baldige Keimung zur Folge.

Störungen in der zweiten Phase des Keimungsprosses, in welch.r die chemische Action der Ueberführung der starren Reservestoffe in wanderungsfähiges Bildungsmaterial erfolgt, sind am häufigsten zu beobachten. Nicht zu verwechseln mit wirklichen Störungen ist das bei vielen harten Samen vorkommende überjährige Liegen im Boden (Crataegus, Rosa, Iuglans, Prunus). Theils mag hier auch die schwere Quellbarkeit Schuld haben; die Samen kommen während der trocknen Sommerzeit wieder in einen Zustand der Ruhe. Andererseits kann auch bereits Wasser eingedrungen sein und zur Bildung ferment-

[1]) Galter und Klose. Quellungsunfähigkeit von Kleesamen. Wiener landw. Zeitschr. 1877. Nr. 17 cit. Jahresb. f. Agrik.-Chemie. XX. Jahrg. 1877. S. 181.

[2]) Döbner's Botanik für Forstmänner. 4. Aufl. bearb. v. Nobbe. 1882. S. 382.

artig wirkender Stoffe, welche die Mobilisirung des andern Reservematerials einleiten, Veranlassung gegeben haben; aber diese Fermentwirkung selbst ist eine bis zum Eintritt der trocknen Sommerperiode zu langsame, um eine genügende Ernährung des Embryo zu ermöglichen. Bei einzelnen Individuen und Varietäten aller schwerkeimenden Arten zeigt sich eine Keimung und Entwicklung schon bei Herbstsaat im folgenden Frühjahr. Dies geschieht namentlich dann, wenn man die Samen bald nach der Ernte und womöglich mit ihrem Fruchtfleisch aussäet.

Die wirklichen Störungen zeigen sich bei Mangel einer der zur Keimung nothwendigen äußeren Bedingungen. Dahin gehören außer Feuchtigkeit und Wärme der ungehinderte Zutritt von Sauerstoff und die Innehaltung der Zeit der Reaktionsfähigkeit des Samens.

Die Zeit, innerhalb welcher der Same auf die Einwirkung der äußern Keimungsbedingungen mit der normalen Mobilisirung der Reservestoffe und der Entwicklung des Embryo antwortet, ist für die einzelnen Pflanzengeschlechter und Arten, ja selbst für die Individuen derselben Varietät ungemein verschieden. Bekannt ist, daß man Weiden, Pappeln und Ulmen sofort nach der Ernte aussäen muß, da sie nach wenigen Tagen oder Wochen ihre Keimkraft schon einbüßen, während man bei Gurken und Melonen kräftigere, fruchtbarere Pflanzen oft erhält, wenn die Samen ein Jahr geruht haben. Die Samen mancher unserer Obst- und Waldbäume keimen zwar meist noch nach einem oder mehreren Jahren, aber die Zahl der langsam wachsenden, schwächlichen Exemplare nimmt mit dem Alter des Saatgutes zu.

Als der wichtigste Faktor neben dem Wasserzutritt, der für die Quellung nothwendig, ist, wie erwähnt, der Sauerstoff anzusehen. Die Samen brauchen nicht einmal soviel Wasser zur Keimung, als ihre Substanz überhaupt bis zur Sättigung imbibiren kann; die vegetative Thätigkeit des Keimlings beginnt schon vor dieser Zeit.[1]) Bei anfänglichem Mangel an tropfbar flüssigem Wasser, das endosmotisch aufgenommen werden kann, nimmt der Same auch aus der Atmosphäre hygroskopisch Wasser auf[2]), verdichtet auch Wassergas auf der Oberfläche, ja nach Art der porösen Körper condensirt er auch Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und andere Gase. Dehérain und Landrin[3]) fanden, daß aus der atmosphärischen Luft der gequollene Same verhältnißmäßig mehr Sauerstoff als Stickstoff aufnimmt, so daß in einem geschlossenen Raume mehr Stick-

---

[1]) Jahresb. f. Agrikulturchemie. 1880. S. 213.

[2]) R. Hoffmann im Jahresbericht der agrikulturchemischen Untersuchungsstation in Böhmen. 1864. S. 6 und F. Haberlandt in „Zeitschrift f. deutsche Landwirthe". 1863. S. 355. Beide Arbeiten im Auszuge in „Jahresb. f. Agrikulturchemie". Jahrgang VII. 1864. S. 108 u. 111.

[3]) Compt. rend. 1874 t. LXXVIII S. 1488 cit. in Biedermann's Centralblatt f. Agrikulturchemie. 1874. II S. 185.

stoff zurück bleibt; vom dritten Tage ab beginnt er, Kohlensäure dafür abzugeben, und diese Produktion steigert sich, so daß bald mehr Kohlensäure vorhanden, als der in dem eingeschlossenen Luftvolumen befindlich gewesene und allmählig ganz verschwundene Sauerstoff hätte liefern können. Diese übermäßige Kohlensäureproduktion ist also als ein Produkt der Oxydationsvorgänge, der im Samen sich einleitenden inneren Verbrennung, zu betrachten.

Die Verfasser stellen sich den Beginn der chemischen Actionen im Samen in der Weise vor, daß die schnelle bei den verschiedensten Samen anfangs constatirte Gasverdichtung latente Wärme des Gases nothwendig frei werden läßt, und diese Wärme steigert die Temperatur des eingeschlossenen Sauerstoffs genügend, um eine Oxydation beginnen zu lassen.

Damit ist der Anstoß zur Lösung des Reservematerials des Samens gegeben; die durch die Oxydation frei werdende Wärme begünstigt immer mehr diese Vorgänge, welche sich nach außen hin durch die Produktion von Kohlensäure kund geben.

Die Erweckung des schlummernden Samens wird nach dieser Auffassung durch die Lockerung vorbereitet, welche die Samenschale in Folge ihrer Quellung durch Wasser erleidet; die gelockerten für Gase durchlässig gewordenen Zellschichten gestatten nun ein schnelles Eindringen der Gase, die mit ihrer Condensation also den ersten Anstoß zu denjenigen Verbrennungsprozessen geben, welche den Uebertritt der Reservestoffe in eine diffusible, wanderungsfähige Form veranlassen. Da man bei Pflanzen mit Sameneiweiß beobachten kann, daß die Lösung der Stärke vom jungen Pflänzchen (bei den Monocotylen von dem Samenlappen aus) beginnt, so wird man annehmen können, daß der stickstoffreichste Theil, nämlich das plasmastrotzende Gewebe des Embryo zuerst zu Umsetzungserscheinungen durch den Sauerstoff angeregt wird und nun selbst anregend weiter auf die Umgebung wirkt.

Die Störung in der zweiten Keimungsphase kann nun erfolgen durch Sauerstoffmangel oder auch durch Ueberschuß an Kohlensäure. Die große Schädlichkeit der Letzteren geht aus den von Dehérain und Landrin bestätigten Angaben von Th. de Saussure hervor, daß kein Gas der Keimung so nachtheilig sei, wie gerade die Kohlensäure. Samen, welche in einer Mischung von Sauerstoff nnd Wasserstoff gehalten werden, keimen wie in atmosphärischer Luft; es genügt jedoch, einer Atmosphäre von Sauerstoff einige Hundertstel Kohlensäure zuzuführen, um die Keimung still stehen zu sehen, sobald nur die Würzelchen herausgetreten sind. Ist die Kohlensäure sehr beträchtlich, so gehen die Samen zu Grunde, ohne zu keimen.

Auch andern ruhenden Pflanzentheilen ist die Kohlensäure in Ueberschuß sehr schädlich. Van Tieghem und Bonnier[1]) fanden bei Zwiebeln und

[1]) Bulletin de la société botanique de France t. XXVII. 1880. p. 83 cit. in Wollny's Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik.

Knollen (Tulipa, Oxalis crenata) die in sauerstofffreier Luft noch weiter athmeten, also Kohlensäure produzirten, daß sie in einer Atmosphäre von reiner Kohlensäure Alkohol bildeten. Derartige Tulpenzwiebeln, welche 1 Monat hindurch in sauerstofffreier Luft gelegen, waren erstickt und blieben auch ferner ohne jede weitere Entwicklung.

Solcher Kohlensäureüberschuß kann mit Sauerstoffmangel gemeinsam nun bei einer zu tiefen Lage der Saat auftreten. Diese schadenbringende Höhe der Bodendecke, welche die Keimung des Samens verhindert, läßt sich aber nicht präcisiren. Abgesehen von den verschiedenen Ansprüchen der einzelnen Geschlechter differirt aber für dasselbe Geschlecht die zulässige Höhe der Bedeckung nach Bodenbeschaffenheit, Menge und Vertheilung der Niederschläge u. s. w. Daher weichen die Resultate der vielfach vorgenommenen Versuche über die beste Aussaattiefe auch von einander ab, sobald sie auf bestimmte Zahlenangaben eingehen. Sie stimmen aber alle darin überein, daß man in zweifelhaften Fällen lieber zu flach als zu tief säen soll.

Der Zweck der Bedeckung ist die Befestigung der jungen Pflanze und die Erhaltung eines ausgiebigen Feuchtigkeitsgrades. Der Lichtabschluß kommt weniger in Betracht. Vor allem ist die Erhaltung einer zum Keimen genügenden Feuchtigkeit in's Auge zu fassen. Ist eine solche vorhanden, dann werden die Wurzeln selbst bei oberflächlicher Lage des Samens alsbald in den Boden eindringen. Somit würde eine ganz oberflächliche Saat aller Samen zu empfehlen sein, wenn nicht die trocknen Frühjahrsperioden kämen, welche die Bodenoberfläche so weit austrocknen können, daß eine vorübergehende oder selbst dauernde Sistirung der Lebensthätigkeit im Keimling stattfindet.

Je lockerer der Boden, desto leichter die Gefahr des Austrocknens, desto tiefer also muß die Saat zu liegen kommen. In Gegenden mit trocknem Frühjahr wird schwerer Boden eine gleichmäßigere Keimung unterhalten selbst bei geringer Saattiefe. Derselbe Boden und dieselbe Tiefe der Aussaat werden gefährlich, wenn starke Regengüsse und heiße Tage schnell abwechseln und auf der Oberfläche des Bodens eine feste Kruste erzeugen, welche die Luftzufuhr zu den im regsten Stoffwechsel befindlichen Samen nahezu abschneidet. Die im Samen eingeschlossene Binnenluft hält nicht lange vor. Die Durchlüftung des Pflanzenkörpers ist aber unumgänglich nöthig; selbst der ruhende Same leidet außerordentlich, wenn ihm die Binnenluft entzogen wird. Die scharfe Krustenbildung des Bodens kann eine an und für sich nicht schädliche Saattiefe somit zur Ursache tief gehender Schädigung werden lassen.

Wie sehr der Luftmangel die Keimfähigkeit der Saat beeinflußt, erhellt aus den Citaten von de Vries.[1]) Hiernach injicirte Haberlandt Runkel-

[1]) de Vries: Keimungsgeschichte der Zuckerrübe. Landwirthsch. Jahrb. v. Thiel. 1879. S. 20.

zwar den in der Erde eingesenkten Theil abgestorben; aber in der Nähe der Bodenoberfläche erscheint die Fäulniß sistirt; aus dem Stamme haben sich zahlreiche Adventivwurzeln gebildet und diese rufen einige Zeit nach der Verschüttung wieder eine gesunde Entfaltung der Baumkrone hervor. Der Baum wird also gerettet, wenn er im Stande ist, schnell neue Wurzeln in der Nähe der Erdoberfläche zu erzeugen.

Der Umstand, daß die nicht parasitären Fäulnißprozesse im verschütteten Stammende in der Nähe der Bodenoberfläche aufhören, führt zu der Vermuthung, daß die Zersetzungsprozesse nicht die gesunde Pflanzenzelle, sondern erst eine abnorm funktionirende, geschwächte anzugreifen vermögen. Eine solche Schwächung ist auch thatsächlich da. Es ist anfangs erwähnt worden, daß die vom Sauerstoff der Luft abgeschlossene, lebenskräftige, stoffreiche Zelle alsbald anfängt, Alkohol zu entwickeln, der vorher nicht da war und auch wieder verschwindet, wenn man atmosphärische Luft der Pflanze neu hinzuführt. Es ist ferner nachgewiesen worden, daß die Pflanze bei Sauerstoffabschluß lange Zeit weiter Kohlensäure in beträchtlichen Mengen abscheidet (intramolecular athmet), aber daß diese Kohlensäuremengen bei längerer Versuchsdauer sich doch als kleiner herausstellen, wie diejenigen der in sauerstoffhaltiger Luft athmenden Pflanzen.[1]) Da die Kohlehydrate (Stärke, Zucker) das Material zur Athmung abgeben, so ist aus den obigen Thatsachen zu entnehmen, daß diese Inhaltsstoffe der Zellen in abnormer Weise bei Sauerstoffabschluß verarbeitet werden. Man kann mit Pfeffer[2]) die Athmung als einen aus zwei ineinander greifenden Vorgängen sich herstellenden Prozeß auffassen. Der erste Vorgang ist die in Gährungserscheinungen sich kundgebende, intramoleculare Athmung, die Borodin[3]) auch innere Verbrennung nennt; der zweite, nur unter Sauerstoffzufuhr von außen mögliche Theil ist die sofortige weitere Verbrennung der Gährungsprodukte im Augenblick ihrer Entstehung. Wenn dieser letztere, für das Zellleben unbedingt nothwendige Akt unterbleibt, dann verliert nicht nur die sauerstofflose Stammzone des zu tief gepflanzten Baumes ihr Athmungsmaterial, wird also an Reservestoffen immer ärmer, sondern sie bildet nun auch diejenigen Produkte, die zur Fäulniß und zum Tode der Zelle führen.

---

[1]) Wortmann (Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung der Pflanzen. Inauguraldissertation, Würzburg 1879) giebt zwar an, daß die Kohlensäuremengen bei der intramolecularen und normalen Athmung gleich groß sind; es will mir aber scheinen, daß die kurze Dauer seiner Versuche ihn noch hat Nachwirkungen der bisherigen normalen Funktionen mit beobachten lassen. Er giebt auch selbst zu (S. 31), daß bei langer Zeitdauer von den angewendeten Versuchsobjekten ohne Zutritt von Sauerstoff eine geringere Quantität an Kohlensäure producirt worden ist, als dieses bei fortdauernder Gegenwart von Sauerstoff der Fall gewesen.

[2]) Pfeffer: Ueber das Wesen und die Bedeutung der Athmung. Landwirthschaftl. Jahrb. 1878.

[3]) Borodin: Sur la respiration des plantes pendant leur germination.

Die ungenügende Athmung also ist die nothwendige Vorbedingung für das Absterben und in dem Maße, als der verschüttete Theil, sich der Bodenoberfläche nähernd, allmählich immer mehr und mehr Sauerstoff bekommt, wird auch der Gährungsprozeß sich abschwächen und in den normalen Verbrennungsprozeß übergehen, somit auch die Fäulniß allmählig ihre Grenze finden. Es handelt sich dann nur noch darum, daß der Baum die Möglichkeit hat, oberhalb dieser Grenze im Erdboden neue Wurzeln zu bilden, um den durch die Transpiration des Laubkörpers entstehenden Wasserverlust zu decken. Die kümmerliche Produktion, welche man in dem ersten Jahre häufig wahrnimmt, verschwindet, je mehr plastisches Material abwärts wandern und zu Neubildungen am Holzringe des Stammes und Wurzelkörpers verwendet werden kann. Je schneller das Wachsthum, desto größer die Energie der Athmung, wie schon Saussure gezeigt, und je mehr der flach streichende, neue Wurzelkörper selbst auch vom Lichte berührt wird, desto mehr steigern sich seine Kohlenhydrate und damit seine Sauerstoffabsorption und Kohlensäureabgabe.[1])

Daß die verschiedenen Holzgewächse eine sehr verschiedenartige Empfindlichkeit gegen das zu tiefe Pflanzen zeigen, ist nicht besonders hervorzuheben; es ist selbstverständlich. Bekannt als ganz besonders empfindlich sind die Ericaceen und Epacrideen, bei denen es vorkommt, daß die Stammbasis abstirbt, ohne daß der Wurzelkörper sehr gelitten. Wenn die Stämmchen Moos und Flechtenvegetation an der Basis zeigen, so hat man bereits allen Grund, vorsichtig zu sein. Den Grund hiervon möchte ich in einem Auftreten minimaler Rinden-Sprünge vermuthen, die durch ein Begießen direkt auf die Stammbasis hervorgerufen werden können.

Bei der Baumzucht läßt sich nicht eine allgemein gültige Regel betreffs der Pflanzhöhe geben. Abgesehen von der Bodenart, deren physikalische Beschaffenheit hier ausschlaggebend ist, kommt es bei veredelten Bäumen auf die Unterlage an. Die auf Wildling veredelten Obstsorten pflanze man derart, daß ihr Wurzelhals in der Ebene der Bodenoberfläche bleibt oder selbst etwas darüber hinausragt (bei Moorboden mit großer Nässe verwendet man sogar Hügelpflanzung). Die auf Zwergunterlage veredelten Birnen (auf Quitte) und Aepfel (auf Doucin und Paradies-Aepfel) dagegen müssen mindestens so tief in den Boden, daß die Veredlungsstelle im gleichen Niveau mit der Bodenoberfläche sich befindet, also die ganze Unterlage im Boden verbleibt. Es entwickeln sich aus dieser eine größere Menge Adventivwurzeln, die der Ernährung sehr förderlich sind.

Eine schöne Zusammenstellung praktischer Erfahrungen hat der verstorbene

---

[1]) Borodin: Mémoires de l'Acad. impériale des sciences de St. Petersbourg. VII. serie. 1881.

Inspektor des Berliner botanischen Gartens, Bouché [1]), gegeben. Er weist zunächst darauf hin, daß man an alten, gesunden Bäumen die starken Wurzeln über den Boden liegen sehe; dieses Heraustreten des Wurzelhalses sei der normale Fall. Manche Bäume vertragen in der Jugend ein tiefes Pflanzen, da sie aus der Stammbasis dicht unter der Oberfläche neue Wurzeln treiben (Rüstern und Linden); andere dagegen sind sehr empfindlich, wie z. B. Birke, Ahorn, Eichen, die meisten Rosaceen, Platanen, Nüsse, Roth- und Weißbuchen. Auch die meisten Nadelhölzer erfordern Aufmerksamkeit bei der Pflanzung, wie die Gattungen Pinus, Picea und Abies und theilweis auch Thuja, nämlich Thuja (Biota) orientalis und die damit verwandten Arten, während ein tiefes Pflanzen der Thuja occidentalis, Warreana und plicata zuträglich sich erweist. Selbst 5—8 cm starke Stämme sah Bouché eine Menge neuer Wurzeln aus der verschütteten Stammbasis treiben und sich dadurch sehr kräftigen. Iuniperus communis will flach stehen, dagegen vertragen I. Sabina und Verwandte eine tiefe Pflanzung mit Vortheil. Von Pappeln und Weiden ist bekannt, daß eine tiefe Pflanzung durch eine neue Wurzelbildung an der Erdoberfläche sofort ihr Gegengewicht erhält; bei schwachen Stämmen findet man oft, daß die dicht unter der Oberfläche gebildeten Wurzeln die Oberhand über die älteren, tieferen gewinnen. Für viele Sträucher ist es thatsächlich oft vortheilhafter, sie tiefer als früher zu pflanzen, weil sie durch zahlreiche neue Wurzeln aus den verschütteten Stengelbasen sich um so mehr kräftigen. Dies bemerkt man beispielsweise bei Calycanthus, Cornus alba und sibirica, Ribes, manchen Spiraea-Arten, Viburnum Opulus, Aesculus macrostachya, Symphoria, Ligustrum, Rosa gallica u. A. Flach dagegen sind zu pflanzen Caragana, Berberis, Colutea, Cornus mascula und sanguinea, Corylus, Cytisus, Rhamnus, Sambucus.

Bei Straßenpflanzungen kann außer den plötzlich nothwendig werdenden Aufschüttungen auch das Asphaltiren und Cementiren der Straßendämme für die Wurzeln der Bäume sehr gefährlich werden. Es ist nicht bloß das Absperren der atmosphärischen Luft, sondern auch der Verlust der atmosphärischen Niederschläge, auf welche die Bäume in großen Städten um so mehr angewiesen werden, je tiefer durch Canalisation u. dgl. unterirdische Bauanlagen der Grundwasserspiegel gesenkt wird.

Junge Bäume, welche nach der Senkung des Grundwasserspiegels gepflanzt werden, suchen trotz der vermehrten Tiefe der Wasserquelle diese dennoch zu erreichen. Um dies zu erleichtern, müssen in solchen Oertlichkeiten die Baumpflanzlöcher wesentlich tiefer gemacht werden. In Berlin beträgt diese Vertiefung nach Bouché 60 cm, so daß jetzt die Baumlöcher 1,5 m tief gegraben werden.

[1]) C. Bouché: Ueber das Tiefpflanzen von Bäumen &c. Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. v. Wittmack 1880, S. 212 und Wredow a. a. O. S. 75.

Nach Wredow sollen Bäume und Sträucher, die aus Stecklingen gezogen werden, sich tiefer pflanzen lassen, als die aus Samen gezogenen.

Zu tiefe Lage der Saat.

Die Erfahrung wird auch jetzt noch vielfach gemacht, daß bei reicher Aussaat keimfähiger Samen eine verhältnißmäßig geringe Menge von Pflanzen erzogen wird. Häufiger, als man in der Regel glaubt, liegt die Ursache in einem zu tiefen Unterbringen der Samen. Bei dem Eineggen oder dem in Mecklenburg bei Gerste üblichen Unterhacken [1]) ist es gar nicht zu vermeiden, daß einzelne Samenkörner sehr tief, andere sehr flach zu liegen kommen. Gleichmäßigkeit kann nur durch Bestellung mit der Drillmaschine erzielt werden. Aber auch der Gärtner, der bei Topfaussaaten eine sehr gleichmäßige Bedeckung der Samen herstellen kann, erhält bei sehr feinen Sämereien nicht selten nur einen geringen Prozentsatz an Pflanzen, selbst wenn der Same gut und keimfähig war.

Die Vorgänge, welche die Verluste hervorrufen, sind aber nicht immer dieselben und finden auch nicht immer unter denselben Bedingungen statt; deßhalb ist es auch nicht möglich, allgemeine Regeln zu geben. Es bleibt nichts übrig, um sich vor Nachtheilen in dieser Beziehung zu schützen, als sich den Einfluß der einzelnen Faktoren, welche bei der Aussaat zu beachten sind, klar zu machen und zu sehen, unter welchen Combinationen derselben der Fall eintreten kann, daß eine große Anzahl keimfähiger Samen doch nur eine kleine Anzahl Pflanzen zur Ausbildung gelangen läßt.

Die Keimung läßt eigentlich drei Phasen erkennen. Jede derselben kann Störungen erleiden und Ursache für das Fehlschlagen der Pflanzen werden. Das erste Stadium umfaßt die Quellung und kann als ein mechanischer Vorgang aufgefaßt werden, bei welchem (wahrscheinlich durch Wasserverdichtung) eine Temperatursteigerung beobachtet worden ist. Er leitet das zweite Stadium, die Mobilisirung der Reservestoffe, eine Kette chemischer Erscheinungen, ein, und diese begleiten den dritten Akt, den der gestaltlichen Entwicklung.

Störungen im Stadium der Quellung sind mehrfach beobachtet worden. Nobbe und Haenlein [2]) fanden ganz besonders bei Papilionaceen und Caesalpiniaceen die Samenschale bisweilen so undurchdringbar für tropfbar flüssiges Wasser, daß die Samen jahrelang den Embryo ohne Regung, aber immer noch gesund behielten. Der Same keimte nicht, weil er nicht aufzuquellen vermochte. Bei den Kleesamen erweist sich die oberflächlich gelegene Stäbchen-

[1]) Eggers-Gorow: Versuche über den Nutzen oder Nachtheil einer flachen oder tiefen Bestellung der Gerstenkörner. Mecklenb. landw. Annal. 1874. Nr. 23.

[2]) Nobbe und Haenlein: Ueber die Resistenz von Samen gegen die äußeren Faktoren der Keimung. Versuchsstationen 1877, S. 71.

oder Hartschicht, in deren Zellen der Farbstoff sitzt, so impermeabel für Wasser, daß manche Körner 8—14 Tage lang in englischer Schwefelsäure und jahrelang in Wasser liegen können, ohne auch nur ihren an und für sich im Wasser löslichen Farbstoff aus den Stäbchenzellen zu verlieren. In solchen Fällen hilft nur mechanische Behandlung. Galter und Klose [1]) vermischten die Samen von Luzerne und Kleearten mit feinem Sande und rieben ein solche Mischung enthaltendes Säckchen 10 Minuten lang unter den Füßen. Ohne daß die Samen sich wesentlich beschädigt zeigten, erwies sich nach dieser Behandlung die Luzerne um 13,4 %, Weißklee um 10,2 %, Hornklee um 37,8 % quellungsfähiger. Nobbe [2]) führt Beispiele von einer unerwartet langen Erhaltung der Keimkraft an. Kiefernsamen von Pinus silvestris, aus dem Jahre 1869 stammend, lieferten nach fünfjähriger Aufbewahrung in verschlossenen Gläsern innerhalb eines bewohnten Zimmers noch 32 %, nach 7 Jahren noch 12 % keimungsfähige Samen. Rothklee (Trifolium pratense) zeigte bei derselben Aufbewahrung nach 12 Jahren noch 10,5 %, Erbse (Pisum sativum) nach 10 Jahren noch 47,7 %, Spergula arvensis nach 12 Jahren noch 20 %, Lein (Linum usitatissimum) nach 6 Jahren noch 49 %, nach 11 Jahren noch 3 % keimender Samen. Von 400 Körnern der Akazie (Robinia Pseud-Acacia) waren nach 10 Tagen, nach welchen die für praktische Zwecke gültige Versuchszeit aufhört, 71 Körner, bis Ende des Jahres noch 55 Körner, im folgenden Jahre noch 18, im darauf folgenden noch 7 und nach 7 Jahren noch 1 Same gekeimt und zwar bei steter Aufbewahrung derselben in zeitweise erneuertem destillirtem Wasser.

Nach diesen Erfahrungen darf uns die Thatsache nicht mehr Wunder nehmen, daß manche verschüttete Samen, unbeschadet ihrer Lebenskraft, Jahrhunderte überdauern. Auch bei den vorerwähnten Akaziensamen war der nach 7 Jahren ungekeimt gebliebene Rest noch völlig gesund. Eine geringe Verletzung der Samenschale hatte nach wenigen Stunden Aufquellung und in der Regel auch baldige Keimung zur Folge.

Störungen in der zweiten Phase des Keimungsprosses, in welch.r die chemische Action der Ueberführung der starren Reservestoffe in wanderungsfähiges Bildungsmaterial erfolgt, sind am häufigsten zu beobachten. Nicht zu verwechseln mit wirklichen Störungen ist das bei vielen harten Samen vorkommende überjährige Liegen im Boden (Crataegus, Rosa, Iuglans, Prunus). Theils mag hier auch die schwere Quellbarkeit Schuld haben; die Samen kommen während der trocknen Sommerzeit wieder in einen Zustand der Ruhe. Andererseits kann auch bereits Wasser eingedrungen sein und zur Bildung ferment-

---

[1]) Galter und Klose. Quellungsunfähigkeit von Kleesamen. Wiener landw. Zeitschr. 1877. Nr. 17 cit. Jahresb. f. Agrik.-Chemie. XX. Jahrg. 1877. S. 181.

[2]) Döbner's Botanik für Forstmänner. 4. Aufl. bearb. v. Nobbe. 1882. S. 382.

artig wirkender Stoffe, welche die Mobilisirung des andern Reservematerials einleiten, Veranlassung gegeben haben; aber diese Fermentwirkung selbst ist eine bis zum Eintritt der trocknen Sommerperiode zu langsame, um eine genügende Ernährung des Embryo zu ermöglichen. Bei einzelnen Individuen und Varietäten aller schwerkeimenden Arten zeigt sich eine Keimung und Entwicklung schon bei Herbstsaat im folgenden Frühjahr. Dies geschieht namentlich dann, wenn man die Samen bald nach der Ernte und womöglich mit ihrem Fruchtfleisch aussäet.

Die wirklichen Störungen zeigen sich bei Mangel einer der zur Keimung nothwendigen äußeren Bedingungen. Dahin gehören außer Feuchtigkeit und Wärme der ungehinderte Zutritt von Sauerstoff und die Innehaltung der Zeit der Reaktionsfähigkeit des Samens.

Die Zeit, innerhalb welcher der Same auf die Einwirkung der äußern Keimungsbedingungen mit der normalen Mobilisirung der Reservestoffe und der Entwicklung des Embryo antwortet, ist für die einzelnen Pflanzengeschlechter und Arten, ja selbst für die Individuen derselben Varietät ungemein verschieden. Bekannt ist, daß man Weiden, Pappeln und Ulmen sofort nach der Ernte aussäen muß, da sie nach wenigen Tagen oder Wochen ihre Keimkraft schon einbüßen, während man bei Gurken und Melonen kräftigere, fruchtbarere Pflanzen oft erhält, wenn die Samen ein Jahr geruht haben. Die Samen mancher unserer Obst- und Waldbäume keimen zwar meist noch nach einem oder mehreren Jahren, aber die Zahl der langsam wachsenden, schwächlichen Exemplare nimmt mit dem Alter des Saatgutes zu.

Als der wichtigste Faktor neben dem Wasserzutritt, der für die Quellung nothwendig, ist, wie erwähnt, der Sauerstoff anzusehen. Die Samen brauchen nicht einmal soviel Wasser zur Keimung, als ihre Substanz überhaupt bis zur Sättigung imbibiren kann; die vegetative Thätigkeit des Keimlings beginnt schon vor dieser Zeit.[1]) Bei anfänglichem Mangel an tropfbar flüssigem Wasser, das endosmotisch aufgenommen werden kann, nimmt der Same auch aus der Atmosphäre hygroskopisch Wasser auf[2]), verdichtet auch Wassergas auf der Oberfläche, ja nach Art der porösen Körper condensirt er auch Wasserstoff, Stickstoff, Sauerstoff und andere Gase. Dehérain und Landrin[3]) fanden, daß aus der atmosphärischen Luft der gequollene Same verhältnißmäßig mehr Sauerstoff als Stickstoff aufnimmt, so daß in einem geschlossenen Raume mehr Stick-

---

1) Jahresb. f. Agrikulturchemie. 1880. S. 213.

2) R. Hoffmann im Jahresbericht der agrikulturchemischen Untersuchungsstation in Böhmen. 1864. S. 6 und F. Haberlandt in „Zeitschrift f. deutsche Landwirthe". 1863. S. 355. Beide Arbeiten im Auszuge in „Jahresb. f. Agrikulturchemie". Jahrgang VII. 1864. S. 108 u. 111.

3) Compt. rend. 1874 t. LXXVIII S. 1488 cit. in Biedermann's Centralblatt f. Agrikulturchemie. 1874. II S. 185.

knäuel unter der Luftpumpe und beobachtete, daß sie 71,13 % Wasser aufnahmen; es keimten nun von diesen theilweis luftleer gemachten Samen nur 30 %, während von den zur Controle aufgestellten normalen Samen 90 % keimten. Bei einem zweiten Versuche wurde die gesammte Luft durch Wasser unter der Luftpumpe ersetzt, und es keimten jetzt nur noch 8 % gegenüber 72 % bei der Controlprobe.

Auch war die Zeit, welche die Samen zur Keimung brauchten, bei den normalen eine kürzere. Es ist wohl anzunehmen, daß die Entfernung speziell des Sauerstoffs aus dem Samen und die Erschwerung einer Diffusion neuer Quantitäten dieses Gases in die Intercellularräume die Ursache der Erlöschung der Keimkraft sind. Dutrochet[1]) sah auch bei erwachsenen Pflanzentheilen den Tod häufig eintreten, wenn dieselben mit Wasser injicirt waren. Bei schnellem Aufthauen gefrorener fleischiger Pflanzentheile, die in Folge einer Infiltration der Intercellularräume mit Wasser ein glasiges durchscheinendes Aussehen haben, dürfte der durch das Wasser bedingte Abschluß der Zellen von der Luft wesentlich mit zu deren Tode beitragen.

Von den mehrfach durchgeführten praktischen Versuchen, präcise Zahlenwerthe für die beste Saattiefe des Getreides zu gewinnen, sind die von Roestell, Tietschert und Ekkert die eingehendsten. Roestell[2]) giebt für lockeren, kräftigen Ackerboden 2—4,5 cm als günstigste Tiefe an. Je tiefer die Samen zu liegen kommen, um so weniger und später erreichen die Keimpflanzen die Bodenoberfläche, trotzdem dieselben mit einer Vorrichtung begabt sind, die tiefe Lage zu überwinden. Das unterste Stengelglied nämlich verlängert sich nach Bedürfniß, um die junge Stengelspitze dem Lichte zuzuführen. Bei flacher Saat ist es sehr kurz, bei tiefer Lage des Samenkorns dagegen streckt es sich auf 10 cm und darüber. Eine ähnliche Streckung erfährt der unterhalb der Samenlappen liegende Stengeltheil, das hypocotyle Glied bei vielen dicotylen Kulturpflanzen, so daß dadurch die für Manchen überraschende Thatsache hervorgerufen wird, daß bei sehr verschiedener Saattiefe die wachsende Stengelspitze nach einiger Zeit bei allen Pflanzen in ziemlich gleicher Höhe liegt. Bei dem durch Streckung des ersten Internodiums emporgehobenen zweiten Knoten bilden sich bei unsern Getreidepflanzen erst die dauernd thätigen Wurzeln, während die erstgebildeten in nicht zu langer Zeit zu Grunde gehen. Bei manchen Kohlpflanzen bildet das sehr lang gestreckte hypocotyle Glied auch vereinzelte Wurzeln.

Daß zur Hebung der bedeckenden Erde von der Keimpflanze eine Menge Kraft angewendet werden muß und daß dieser Aufwand an Arbeit um so

---

[1]) Dutrochet: Memoires etc. édition Bruxelles p. 211 cit. von de Vries l. c.

[2]) Annalen der Landwirthschaft. Bd. 51. S. 1.

größer, je dicker die über dem Samen liegende Bodenschicht, ist selbstverständlich. Die Getreidepflanzen haben nun nicht noch wie viele andere Sämlinge z. B. die der Bohnen die mit dem gekrümmten Rücken des Lastträgers vergleichbare Krümmung des hypocotylen Gliedes, um die Erdlast besser zu durchbrechen; sie haben nur den Hebungsapparat des ersten Internodiums. Dieser Streckapparat beansprucht um so mehr Reservestoffe aus dem Samenkorn, je länger er funktioniren muß, je länger sein lichtloses, verspillerndes Wachsthum bei der Durchbrechung einer stärkeren Bodenbedeckung erforderlich ist. Je mehr dieser Hebungsapparat Material für seinen Aufbau verbraucht, desto weniger bleibt für die übrige Pflanze. Es ist daher erklärlich, daß aus großer Tiefe kommende Pflanzen schwächlicher sind. Das erste Internodium selbst aber wird immer schwächer und immer weniger fähig, Widerstände zu überwinden, je länger es sich zu strecken hat und daher sieht man oft, daß schließlich die junge Pflanze nicht mehr bis an die Bodenoberfläche gehoben werden kann und unter derselben erstickt. Das ist die Störung in der vorerwähnten dritten Phase des Keimlebens.

Die Tietschert'schen Versuche [1]) bestreben sich, die in verschieden physikalisch construirten Bodenarten maximalen Grenzen der günstigen Saattiefe festzustellen. Für Sandboden ergab sich als rationelle Maximaltiefe 10 cm, für humosen Boden 8 cm, für kalkhaltigen Thon- und Lehmboden 5 cm.

Letztere beide Bodenarten litten von der trocknen Witterung, so daß die seichtere Aussaat schlechtere Erfolge gab. Ein später im Jahre wiederholter Versuch (August—September) ergab für alle Bodenarten eine Saattiefe von nur 2,5 cm als sehr ungünstig der Trockenheit wegen; Thonboden erwies sich in diesem Falle bei 10 cm Saattiefe am günstigsten. Man sieht daraus, mit welcher Reserve die bestimmten Zahlen aufgenommen werden müssen. Ekkert [2]) experimentirte mit Roggen, Hafer und Gerste in Lehmboden, Teichschlamm, Sandboden und Gartenerde. Bei Aussaaten von Roggen in freie Holzkästen zeigte sich ein Unterschied zwischen 2 bis 8 cm Bedeckung im Aufgehen der Pflanzen (in Folge der gleichmäßigen allseitigen Durchlüftung) nicht. Bei Versuchen im Freien erschien die Bestockung um so günstiger, je geringer die Tieflage der Saat; doch bezieht sich dies mehr auf die Zeit des Erscheinens der Sprosse, als auf die Qualität. Hafer und Gerste vertragen eher eine tiefere Unterbringung als Roggen. Bei Sommerung ist eine tiefere Lage der Saat zulässig als bei Winterung. Die Minimalgrenze für Getreide dürfte 1,5 bis 2 cm betragen, die Maximalgrenze für günstige Resultate wohl bei 6 cm liegen.

---

[1]) Tietschert: Keimungsversuche mit Roggen und Raps. Halle 1872.

[2]) Ekkert: Ueber Keimung, Bestockung und Bewurzelung der Getreidearten &c. Inauguraldissertation. Leipzig 1874.

Spätere Versuche desselben Verfassers [1]) ziehen einen andern, sehr berücksichtigungswerthen Faktor in Betracht, der für denselben Boden wiederum modifizirend auf die zulässige Saattiefe einwirkt. Die Qualität des Saatgutes ist bisweilen ausschlaggebend. Auf die Keimfähigkeit schien die Qualität des Saatweizens, mit dem zuerst experimentirt wurde, allerdings ohne Einfluß, aber die Entwickelung der jungen Pflanze war bei gleicher Saattiefe um so günstiger, je besser das Saatkorn war. Bei einer mittleren Saattiefe (es handelt sich im Versuche um Sandboden) von 5 cm ergaben alle Qualitäten das längste Stroh; bei derselben Tiefe waren auch die Aehren am längsten. Das Verhältniß des Gewichtes des Körnerertrages zu dem des Strohertrages ist um so ungünstiger ausgefallen, je schlechter das Saatgut und je tiefer die Aussaat gemacht worden war. Die Versuche mit Gerste bestätigten die Ergebnisse, welche bei Weizen gewonnen worden waren: je geringer die Saattiefe und je besser die Qualität des Kornes bei derselben Tiefe, desto früher ging die Saat auf. Die Summe der aufgelaufenen Pflanzen war bei dem geringeren Saatgute keine geringere, aber der Einfluß der Saattiefe machte sich bei dieser Qualität darin geltend, daß das Stroh um so länger war, je seichter die Unterbringung. Im Allgemeinen wird man sich sagen müssen, daß die Saattiefe bei sonst gleich gedachten Verhältnissen zunächst auf alle diejenigen Entwicklungsstadien von Einfluß sein wird, die mit dem Jugendstadium zusammen hängen. Es hängt aber auch die Quantität der Körnerernte durch die Anzahl der Sprossen und die Länge der Aehren, sowie die Ausbildung der Aehrchen von der jugendlichen Entwicklung ab und wird somit von der Saattiefe beeinflußt. Dagegen hängt die Qualität der geernteten Körner von dem Ernährungszustande und den Witterungsverhältnissen des laufenden Jahres ab, wird also kaum mehr durch die Jugendentwicklung oder die angeerbten Eigenschaften des Kornes beeinflußt werden.

Da die flache Saat sich am vortheilhaftesten gezeigt, so wird man sie überall da anwenden, wo man die Regulirung der Feuchtigkeitsverhältnisse in der Hand hat. Dort aber, wo größere Schwankungen im Feuchtigkeitsgehalte den Samen treffen können, ist tiefere Saat vortheilhafter, da der Verlust an Saatgut durch Einwirkung großer Trockenheit auf keimende oder selbst erst stark gequollene Samen größer sein dürfte, als der durch Unterbringen einzelner Körner in zu tiefe Lage. Man darf nämlich nicht vergessen, daß Samen, in denen das Reservematerial mobilisirt zu werden beginnt, das aktive Leben also bereits begonnen, viel geringeres Austrocknen vertragen, als ruhende Sämereien.

---

[1]) Ekkert: Kulturversuch mit Weizen und Gerste verschiedener Qualität bei verschieden tiefer Unterbringung der Saat. Fühling's landw. Zeit. 1876, Heft 1 u. 2, 1875, Heft 1.

Es ist hier der Ort, auch auf die größere Sterblichkeit der Pflanzen aus unreifen Samen aufmerksam zu machen. Die achtjährigen comparativen Feldversuche mit Getreidesaatgut in verschienenen Reifestadien überzeugten Hosaeus[1], daß die Möglichkeit gegeben ist, aus unreifem und verkümmertem Samen kräftige, normale Pflanzen unter sonst günstigen Bedingungen zu erhalten, daß also die Qualität der Pflanze sich nicht immer nach der Qualität des Saatgutes richtet. Aber die Sterblichkeit der Pflanzen aus unreifem Saatgut ist ungleich größer. Bemerkenswerth ist, daß unreifes Saatgut mit noch grüner dickhäutiger Fruchtschale und breiigem Inhalte, dessen Volumen sich auf die Hälfte beim Trocknen reduzirte, noch kräftige Pflanzen zu liefern im Stande war. Ueberreife Körner besitzen zwar eine größere Widerstandsfähigkeit, gewähren aber sonst keine Vorzüge.

Der Gärtner streuet mit Recht sehr feine Samen einfach auf die geebnete Bodenoberfläche und bedeckt zur Erhaltung gleichmäßiger Feuchtigkeit das Saatgefäß mit Glas; ihm gilt als Regel, die Samen nicht viel tiefer unterzubringen, als ihr größter Durchmesser beträgt. Bei sehr großem Samen bleibt die Regel unbeachtet, da solche sich auch mit Leichtigkeit aus größerer Tiefe herausarbeiten.

f) Beschränkter Bodenraum.

In den überfüllten Warmhäusern der Gärtner treten uns am häufigsten Beispiele von mannigfachen Verkrümmungen entgegen, welche die Pflanzenstengel annehmen, wenn sich ihrem Längenwachsthum unbesiegbare Hindernisse in den Weg stellen. Dort, wo Pflanzen gezwungen sind, in dichteren Massen zwischen Mauern oder Felsen zu wachsen, finden wir Beispiele für das Verhalten der Pflanzen bei Beschränkung ihres Dickenwachsthums. Wir sehen, wie gleich einer plastisch weichen Masse der Stengel in eine Felsspalte hineingegossen und bandartig verbreitert erscheint oder wie er feste, schmalere Stützen allmählig wallartig von den Seiten umfaßt, über Einschnürungen sich hinweglegt u. s. w. Derartige Erscheinungen finden sich im Zusammenhange mit den Wunden des Baumkörpers abgehandelt. Störungen, welche bei derartigen Fällen von Raummangel auch dadurch entstehen, daß einzelne übereinander gehäufte Laubmassen einander die Lichtzufuhr abschneiden, lassen sich aus dem im Capitel „Lichtmangel“ Dargelegten ohne Weiteres von Seiten des Lesers selbst beurtheilen.

Bei der Betrachtung der Bodeneinflüsse kann es sich hier nur um den Einfluß handeln, den ein für die Wurzeln beschränkter Bodenraum auf die Entwicklung der Pflanzen ausübt. Die allgemeine Meinung der praktischen Landwirthe dürfte sein, daß beschränkter Wurzelraum eine beschränkte Entfaltung der oberirdischen Achsenorgane nach sich zieht. Von gärtnerischer

[1] Deutsche landwirthsch. Presse, 1875, Nr. 4.

Seite möchte dagegen eingewendet werden, daß der Landwirth bei seinem Betriebe gar nicht in der Lage ist, eine Beschränkung des Bodenraumes für die Wurzeln seiner Kulturpflanzen beobachten zu können, da selbst bei sehr dichtem Stande der Saaten die Pflanzenwurzeln immer noch Gelegenheit haben, neben einander vorbeizuwachsen und sich in den Bodenschichten auszubreiten. Wenn daher eine mangelhafte Entwicklung bei engstehenden Kulturpflanzen eintrete, so sei dies nicht der Beschränkung des Bodenraumes für die Wurzeln, sondern einem Mangel an Nährstoffen im Boden zuzuschreiben.

Daß der Bodenraum unwesentlich für die Entwicklung der oberirdischen Pflanzentheile sei, gehe am besten daraus hervor, daß die Marktpflanzen der Gärtner schöne große Büsche in äußerst kleinen Gefäßen durchschnittlich repräsentiren. Dieser Erfolg werde dadurch erzielt, daß man besonders nahrhafte Erde den Pflanzen verabreiche, so daß in dem geringen Bodenvolumen dennoch Nährstoffe im Ueberfluß vorhanden sind.

Die Sache liegt thatsächlich dennoch nicht so, wie die Hellriegel'schen [1]) Versuche erweisen. Die Versuche wurden in der Art ausgeführt, daß verschiedene, sowohl einjährige, wie mehrjährige landwirthschaftliche Kulturgewächse (Gerste, Erbsen, Buchweizen, Klee 2c.) in verschieden hohe Glasgefäße in möglichst gleichmäßige Gartenerde gesäet wurden und unter Beobachtung aller für die Sand- und Wasserkulturen geltenden Cautelen auf dem Vegetationswagen gepflegt wurden. Um den Vorwurf auszuschließen, daß bei den erlangten Resultaten nicht das verschiedene Bodenvolumen, sondern das durch dasselbe repräsentirte gelöste verschiedene Nährstoffquantum den Ausschlag gegeben habe, wurden Parallelversuche mit reicher Düngergabe unter sonst ganz gleichen Verhältnissen angestellt. Das Ergebniß dieser Versuche war, daß sich gar kein Unterschied in der Produktion zu Gunsten der gedüngten Pflanzen zeigte, daß somit die nicht gedüngten alles, was sie an Nährstoffen für ihre Produktion brauchten, in der ungedüngten Gartenerde vorgefunden haben müssen. Ein indirekter Beweis lag auch noch in den Versuchsresultaten, den die ungedüngten Pflanzen bei Vergleich mit einander lieferten.

Die Ernte zeigte nämlich, daß der Klee in seinem ersten Lebensjahre ungefähr ebensoviel Trockensubstanz produzirt hatte, wie die übrigen Pflanzenarten. Dies hinderte aber nicht, daß derselbe im zweiten Jahre auf demselben Boden eine zweite und zwar eine zwei- resp. dreimal so große Ernte erzeugte und selbst in einem dritten Jahre noch so viel Pflanzensubstanz produzirte, wie im ersten Jahre. Man sieht daraus, wie viel Nährstoffe also im Boden vorhanden waren, und daß bei keinem der Versuchstöpfe die Nährstoffmenge eine Rolle spielen konnte, da überall Nährstoffe im Ueberschuß vorhanden waren.

---

[1]) Hellriegel: »Beiträge zu den naturwissenschaftlichen Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Vieweg 1883. S. 184—224.

Wenn nun dennoch die Ernte an Trockensubstanz eine mit der Gefäßgröße steigende war, so war dieses Ergebniß lediglich dem Einfluß des Bodenvolumens zuzuschreiben.

Die bei den Versuchen erhaltenen Zahlen sind zu sprechend, als daß sie nicht hier kurz eine Erwähnung finden sollten.

Die Versuchspflanzen standen in Glascylindern von unten bezeichneten Dimensionen und Inhalt, erhielten stets an Wasser zwischen 30—60 % der wasserhaltenden Kraft des Bodens und ergaben: Klee

Höhe	lichten Durchmesser	Erdinhalt lufttrocken		Erdinhalt ganz trocken	Erntetrockensubstanz in den Jahren 72, 73, 74.
I. 96—99 cm	14 cm	19,500 g	=	18,600 g	417,2 g mit 6,92 % Reinasche.
II. 65—67 „	„	13,000 g	=	12,400 g	254,6 g „ 6,97 „ „
III. 34—35 „	„	6,500 g	=	6,200 g	173,0 g „ 8,08 „ „
IV. 18,0 „	„	3,250 g	=	3,100 g	76,8 g „ 8,45 „ „

Da bei den Gefäßen mit sehr großem Bodenvolumen durch das zu Anfang stattfindende plötzliche Zuführen der großen Wassermengen, die den Boden auf 60 % seiner Wassercapacität sättigen sollten, ein zu großes Festsetzen und daher ein etwas abnormes Verhalten einiger Pflanzen eingetreten war, so hat Hellriegel in seinen Erntetabellen besonders die Ergebnisse von Größe III und IV herangezogen. Dabei stellte sich heraus, daß bei den Erbsen eine Bodenmenge von 3100 g an Trockensubstanz 29,97 } im Durchschnitt ergab
6200 g „ „ 47,94 }

Erbsen, also Verhältniß des Bodens 1 : 2,
„ „ „ der Ernte 1 : 1,6.
Bohnen, „ „ des Bodens 1 : 2,
„ „ „ der Ernte 1 : 1,8.

Bei Gerste aus dem Jahre 1872 fanden sich genau dieselben Verhältnisse in dem Ernteergebnisse, wie bei den Bohnen. Wir unterlassen die Wiedergabe der anderen Zahlen, da die hier angeführten deutlich genug zeigen, daß, wenn bei 2 gleich weiten, aber verschieden hohen Gefäßen, die beide Nährmaterial im Ueberfluß haben und stets die zusagende Menge Wasser erhalten, die Bodenmenge sich wie 1 : 2 verhält, die Ernte sich wie 1 : 1,6—1,8 herausstellt.

Es ist also ein in die Augen springender Einfluß des Bodenvolumens constatirbar, und es ist nun die Frage, wie sich dieser Einfluß erklären läßt?

Hellriegel fand, daß die Höhe des Ertrages in umgekehrtem Verhältniß zu der Summe der mechanischen Widerstände, welche der Entwicklung des Wurzelnetzes der Versuchspflanzen entgegentreten, steht. Ich glaube auch, daß thatsächlich die vielen Krümmungen und die Quetschungen, die Wurzeln in kleinen Kulturgefäßen erleiden, die Schuld an der verminderten Produktion tragen, gegenüber derjenigen, welche dasselbe Nährstoffquantum leisten könnte, wenn die Wurzeln sich nicht so zu krümmen brauchten.

Wenn man bei Wasserkulturen beobachtet, in welcher Zeit eine kräftige Wurzelfaser senkrecht abwärts wächst, so bemerkt man einen auffallenden Stillstand, wenn die Wurzelspitze den Boden des Glasgefäßes berührt hat und eine Krümmung vollzieht, um horizontal auf dem Boden des Glasgefäßes weiter zu wachsen. In kürzester Zeit sieht man oberhalb der Krümmungsstelle in der Regel Seitenwürzelchen entsprießen, welche, wie mir scheint, durchschnittlich die Mutterwurzel an Wachsthumsschnelligkeit übertreffen. Bei Sand- und Erdkultur trifft man weitere Ursachen augenblicklicher Verlangsamung der Wurzelthätigkeit, nämlich die Reibung dicht nebeneinander laufender Wurzelstränge, die durch ihre Epidermis mit einander zu bandartigen Streifen verwachsen können, aber später ganz oder theilweise zu papierartigen Häuten absterben. Es drücken im engen Kulturgefäße die Wurzelfasern einander theilweis todt, und die Pflanze bestrebt sich, durch neue Verästelungen den Schaden zu ersetzen.

Solche Störungen im Wurzelwachsthum müssen nothwendigerweise im Gesammteffekt der Wurzelarbeit eine Verzögerung hervorbringen, die sich in einer Minderproduktion der oberirdischen Achsenorgane kenntlich macht, wie die Hellriegel'schen Versuche beweisen.

Wenn die Gärtner bei ihren Marktkulturen scheinbar das Gegentheil erzielen, nämlich trotz der kleinen Blumentöpfe sehr schnell gewachsene, hoch ausgebildete, oberirdische Achsen, so erklärt sich dies auf folgende einfache Weise. Die Gärtner geben äußerst nahrhafte Erden, so daß hochconcentrirte Lösungen im Boden sich vorfinden. Vergleichende Messungen aber zeigten mir, daß der Wurzelapparat in solchen Lösungen aus wesentlich kürzeren Aesten sich aufbaut, als in schwach concentrirten Lösungen; mithin ist thatsächlich also weniger gegenseitige Belästigung der Wurzelfasern untereinander vorhanden. Außerdem aber arbeitet der Wurzelkörper in derselben Zeiteinheit, bei seinem Aufenthalte im Glashause oder Mistbeetkasten, weit stärker, als dort, wo die Pflanzen sich selbst überlassen sind im Freien; denn diese Glaskästen haben sämmtlich Bodenwärme. Nun kommt schließlich noch hinzu, daß auch die oberirdische Achse in Verhältnissen sich befindet, die eine ganz besonders schnelle und reiche Ausbildung ermöglichen. Die an Wasserdampf und Kohlensäure reiche Atmosphäre veranlaßt eine möglichst starke Vergrößerung der einzelnen Zellen unter verhältnißmäßig geringer Transpiration; daher die üppige Entfaltung und Streckung des Laubkörpers, die sich namentlich bei Blattpflanzen geltend macht. Es wird also bei den gärtnerischen Kulturen in kleinen Töpfen der Wurzelapparat früher und besser aufgebaut und ausgenützt, so daß die Schädigungen der Wurzelkrümmungen und Quetschungen erst zu einer Zeit sich geltend machen, in welcher die oberirdische Achse schon eine erhebliche Produktion hinter sich hat. Daß aber die Gärtner die Nachtheile der kleinen Töpfe sehr gut kennen und, wenn nöthig, auch zu vermeiden wissen, geht aus

den sog. „Mastkulturen“ hervor. Hierbei werden die Exemplare immer wieder in größere Töpfe verpflanzt, sobald die Wurzeläste nur einigermaßen zahlreich die Wand des Gefäßes erreicht haben.

2. Ungünstige physikalische Bodenbeschaffenheit.

a) Unpassende Bodenstructur.

Die Art und Weise der Aneinanderfügung der einzelnen Bodengemengtheile bezeichnen wir als Structurverhältnisse. Wenn im Vorhergehenden bereits mehrfach hervorgehoben worden ist, daß der Wurzelkörper, dieses Befestigungs- und Aufnahme-Organ der Pflanze mehr oder weniger Luft zur Verfügung haben muß, so ist jetzt bald ersichtlich, daß das Gefüge eines Bodens derart sein kann, daß der Luftzutritt unter das für eine Spezies zulässige Minimum gemindert, andererseits über ein die Existenz der Spezies erhaltendes Maximum hinaus gesteigert wird. Der letztere Fall ist bisher von der Forschung noch nicht in Betracht gezogen worden, obgleich nicht zu zweifeln ist, daß er existirt. Auf einen Mangel an Durchlüftung dagegen werden schon viele Krankheitserscheinungen zurückgeführt. Es werden hier jedoch nur solche zu berücksichtigen sein, bei denen der Sauerstoffmangel durch die Bodenstructur in erster Linie bedingt wird; diejenigen Krankheiten, bei denen andere Faktoren, die in jedem Bodengefüge auftreten können, die Hauptveranlassung bilden, finden an anderen Orten ihre Besprechung.

Der lockere Boden, bei welchem die einzelnen Bodenpartikelchen unverbunden neben einander liegen, muß mehr als ein bindiger, durch starke Cohärenz seiner Theile ausgezeichneter, Boden die Ausbreitung der Wurzeln und den Zutritt der Luft gestatten und damit nicht nur die Wachsthumsprozesse, sondern auch die Verwesungs- und Verwitterungsprozesse begünstigen.

Als die für die Kultur günstigste Structur wird diejenige gelten können, bei welcher das Gefüge nicht so locker ist, daß das für das Wachsthum nothwendige Wasser nicht zurückgehalten werden kann, aber auch nicht so dicht ist, daß die Bodenzwischenräume auf ein Minimum reduzirt werden und die Durchlüftung bei normalen Niederschlagsverhältnissen schon übermäßig eingeschränkt wird. In gutem Boden müssen somit die Luft- und Wasserzufuhr zur Pflanze unter gewöhnlicher Jahreswitterung optimale sein.

Die Wassercapacität, also die Fähigkeit, eine bestimmte Quantität Wasser zurückzuhalten, ohne es tropfenweise wieder abzugeben, wird für die Betrachtung der Störungen der Hauptpunkt.

Je feiner die Partikelchen, desto mehr wächst bei derselben Substanz die wasserhaltende Kraft, desto mehr auch die Cohärenz der einzelnen Theilchen unter einander, die um so besser zum Ausdruck kommen wird, je trockner der Boden. Wenn sehr feinkörnige Bodenarten mit großer Wassercapacität so viel

Wasser bekommen, daß das sich zwischen drängende Wasser den Zusammenhalt der Substanzpartikelchen unter einander überwindet und dieselben auseinander treibt, dann erweicht der Boden. Den Thon- und Lettenböden ist dieser Zustand besonders eigenthümlich; seltener kommt ein derartiges „Zergehen" bei dem durch gröberen Sand characterisirten Lehmboden vor.

Solches Erweichen des Bodens ist in doppelter Beziehung gefährlich, wenn es im Herbst oder Frühjahr sich einstellt. Einerseits fließt der Boden gleichsam ab und die Saaten sind bald dem Vertrocknen oder, bei Wintersaaten, auch dem Ausfrieren mehr ausgesetzt. Andererseits verlangsamt dieser Zustand die Bearbeitung und Bestellung der Felder und wird Ursache geringer Ernten. Es ist nämlich wohl zu berücksichtigen, daß bei unsern sämmtlichen Kulturpflanzen die usuelle Bestellzeit durch die Beobachtung des Charakters der Pflanzen sich herausgebildet hat. Man kann jederzeit die Erfahrung machen, daß eine Verlegung der Kulturzeiten Aenderungen im Charakter der Pflanzen hervorruft (Ueberführung von Winter- in Sommergetreide). Solche Verlegung der Zeit wirkt oft schädlich. Erinnert sei hier beispielsweise an die Erbsen. Dasselbe Saatgut, das bei Aussaat im zeitigen Frühjahr eine schöne Ernte von gesunden Pflanzen lieferte, bringt bei Aussaat im Sommer sehr häufig kurze, durch den Mehlthau arg geschädigte Pflanzen mit kurzen Hülsen hervor. Kohlrabi, zu spät im Frühjahr gepflanzt, werden leicht holzig ꝛc.

Man wird diese und ähnliche Erscheinungen darauf zurückführen müssen, daß die Pflanzen mit ihren jugendlichen Entwickelungsperioden in eine zu heiße, trockene Jahreszeit kommen. Zur normalen Entwickelung gehörte die bestimmte Dauer einer jeden Entwickelungsphase. Selbstverständlich ist auch hier wieder eine Minimal- und Maximalgrenze der Zeitdauer für jede einzelne Phase anzunehmen, innerhalb welcher Scala die mannigfachsten Schwankungen stattfinden. Die Entwickelung des Blattapparates ist als eine solche Phase, die sich der Keimung anschließt und als die reine vegetative Periode bezeichnet werden kann, zu betrachten. Die Erfordernisse für kräftige Blattentwickelung sind guter Nährstoffvorrath, feuchte Luft und gleichmäßige Bodenfeuchtigkeit zur möglichsten Streckung des einzelnen Blattkörpers sowie mäßige Beleuchtung und Wärme im Verhältniß zur folgenden Phase, der der Blüthenentfaltung. Das Frühjahr befriedigt durchschnittlich diese Erfordernisse; der Sommer dagegen mit seiner großen Luft- und Bodentrockenheit und Wärme dürfte für viele Pflanzen Verhältnisse bieten, welche der Maximalgrenze ihrer Ertragungsfähigkeit sich nähern und die Produktion schwächen. Wenn die Faktoren, welche z. B. Zucker und Zellstoff bilden, sich wesentlich in ihrer quantitativen Einwirkung ändern, dann wird auch die Quantität des Produktes in der Pflanze eine andere sein. Daher sehen wir bei solchen Sommeraussaaten nicht selten eine abgekürzte Dauer der Zuckerperiode, ein schnelles Altwerden der Pflanzentheile, ein reichliches und schnelles Auftreten der Cellulose. Welche anderen Veränderungen

im Pflanzenleibe noch vor sich gehen, wissen wir nicht oder nur andeutungsweise. Es ist wahrscheinlich, daß eine die Ernährung der Parasiten begünstigende Stoffkombination in manchen Nährpflanzen zu der Zeit zu Tage tritt, in welcher sich günstige Witterungsbedingungen für die Vermehrung der Parasiten auch vorfinden. Treffen derartig günstige Witterungsverhältnisse für einen Schmarotzer zusammen mit einer für ihn sehr geeigneten Zusammensetzung der Nährpflanze, dann sehen wir plötzlich die epidemische Ausbreitung einer Pilzkrankheit. Ganz besonders reichlich tritt im Sommer der Mehlthau auf.

Verspätete Saat.

Bei einer derartigen Verkettung der Umstände erscheint es begreiflich, daß verspätete Bestellung, hervorgerufen durch zu große Bodennässe, das Befallen gewisser Pflanzen einleiten kann, abgesehen von andern Wachsthumsstörungen nicht parasitärer Natur.

Der experimentelle Beweis ist durch Versuche von Fr. Haberlandt[1]) und H. Thiel[2]) geliefert worden. Der ausführlichste in dieser Beziehung vorliegende ist der von H. im Jahre 1876 mit den 4 Sommergetreidearten angestellte, bei welchem an jedem 1. und 15. der Monate April, Mai und Juni eine Aussaat auf ein 3 qm großes Beet erfolgte. Die Resultate, welche die früheren Untersuchungen bestätigen, lassen sich in folgende Sätze zusammenfassen: Das Erntequantum nahm bei allen Sommergetreidearten um so mehr ab, je später die Aussaat vorgenommen worden war. Dies war zunächst begründet in der wesentlich schwächeren Bestockung der spät gesäeten Körner und prägte sich am meisten in der geringeren Zahl der wirklich fruchtbaren Halme aus. Nicht nur in quantitativer Beziehung, sondern auch der Qualität nach ist eine Abnahme sehr in die Augen springend. Das Strohgewicht steigt mit der Verspätung der Saat; es erhöht sich überhaupt gegenüber dem Körnergewicht der Antheil der Ernte an Stoppeln und Wurzeln unverhältnißmäßig. Auch die Qualität der Körner selbst nahm sehr ab; Gerste- und Haferkörner besaßen bei Ernten von später Aussaat einen größeren Gewichtsantheil an Spelzen; je kleiner die einzelnen Früchte waren, desto mehr zeigte sich dieses Mißverhältniß.

Die späteren Saaten wurden in höherem Grade von Mutterkorn, Mehlthau, Rost, namentlich auch von Blattläusen befallen. Sie nahmen übrigens sowohl bis zum Schossen als auch bis zur Blüthe- und Reifezeit eine höhere Wärmesumme in Anspruch, als die frühen Aussaaten. Selbst das Keimungsvermögen der geernteten Körner war ein verschiedenes

[1]) Fr. Haberlandt: Die Beziehungen zwischen dem Zeitpunkt der Aussaat und der Ernte beim Sommergetreide. Oesterr. landw. Wochenbl. 1877, Nr. 2. 1876, Nr. 3.

[2]) H. Thiel: Ueber den Einfluß der Zeit der Aussaat auf die Entwicklung des Getreides. Ref. in Biederm. Centralbl. f. Agrikulturchemie. 1873. S. 47.

und zwar ein ungünstigeres bei denjenigen, die von Pflanzen später Saat abstammten. Erstens war der Prozentsatz an keimenden Körnern ein geringerer; zweitens brauchten die Körner von den spät gesäeten und spät geernteten Pflanzen auch längere Zeit bis zur Keimung. Der Keimversuch wurde in der Weise gemacht, daß im November des Erntejahres die Körner jeder Getreideart, deren einzelne Ernten vom Juli bis Oktober erfolgt waren, gleichzeitig zur Aussaat gelangten.

Aus den früher von H. angestellten Versuchen in dieser Richtung, bei denen sich ebenfalls eine Abnahme der Körner sowohl dem Volumen als auch dem absoluten und spezifischen Gewicht nach beobachten ließ, geht auch hervor, daß die Ursache der Differenz zwischen späten und frühen Saaten nicht die Bodenfeuchtigkeit allein ist. In diesen Versuchen hatten die Pflanzen von Anfang an genügende Wasserzufuhr und zeigten doch das abweichende Verhalten.

Die Versuche von Thiel beschäftigen sich mit der verschieden späten Aussaat im Herbste. Die Erntezeit war für alle Pflanzen selbst von weit auseinander liegender Saatzeit nahezu dieselbe, aber der Ertrag war bei spät gesäeten sehr gering, so weit sie überhaupt am Leben geblieben waren. Wohl mit Recht macht Thiel hier aufmerksam, daß die spät gesäeten Pflanzen bei der entsprechenden Frühjahrswitterung gleichzeitig mit den früh gesäeten schoßten, ohne daß sie Zeit gehabt, wie die aus früher Saat stammenden Pflanzen, genügendes Material für reichliche Entwicklung zu sammeln.

Das Verschlämmen des Bodens.

Das Verschlämmen des Bodens ist eine Structurveränderung, welcher die Bodenarten mit großem Gehalt an sehr fein zerkleinerten Theilchen bei heftigen Regengüssen und Ueberschwemmungen ausgesetzt sind. Diese Bodentheilchen werden erweicht, zusammengeschwemmt und bei dem Abdunsten des Wassers in Form einer dichten, abschließenden Kruste zurückgelassen. Mit der Feinheit seiner Zerkleinerung wächst die wasserfassende Kraft eines Bodenbestandtheils ungemein. Die Oberfläche wird durch die zunehmende Zerkleinerung immer mehr vergrößert und die wasserhaltende Kraft beruht auf Oberflächenanziehung. Durch Zerkleinerung einer aus groben Quarzstücken von 1 –27 mm Größe bestehenden Bodenmasse, die eine absolute Wassercapacität von 7 % besaß, ließ sich die capillare Auffaugungskraft für Wasser derart vermehren, daß ein aus dem Quarz hergestellter feiner Sand mit einer Korngröße unter 0,3 mm mehr als 6mal so viel Wasser zurück hielt. Man sieht, daß unter Umständen die Art des Minerals ganz gleichgültig sein kann und nur die mechanische Beschaffenheit ins Gewicht fällt, daß also auch einmal Quarzstaub die Rolle des Thones übernehmen kann. Natürlich besitzt der staubfeine Sand immerhin keine Cohäsion, kann also niemals für sich allein die Rolle eine Bindemittels übernehmen, wie dies der Thon thut. Hauptsächlich sind es aber die Thonböden, welche

an Verschlämmen leiden und durch Bildung luftabschließender Schichten Samen und Pflanzenwurzeln zur Fäulniß bringen.

Ein neueres Beispiel für die Schädigung der Vegetation durch Schlammablagerung liefert Robinet[1]) aus Toulouse, wo die Baumschulen nur zwei Tage lang unter Wasser gestanden hatten. Diejenigen Pflanzen, an deren Basis sich nicht viel Schlamm abgelagert, blieben gesund; dagegen litten solche Individuen beträchtlich, bei denen die Stammbasis etwa 10—12 cm hoch mit Schlamm umgeben war. Mandeln, Akazien, Kirschen (auch die Weichselkirschen), Ebereschen, Ligustrum, Mahonia, Evonymus und die meisten Coniferen gingen gänzlich zu Grunde. Von Crataegus, Pirus communis (wobei die auf Quitte veredelten weniger litten), Pirus Malus, Castanea, Mespilus, Catalpa u. a. welche 8—10 Tage unter Wasser gestanden hatten, schwärzten sich nur diejenigen Exemplare an der Basis und starben ab, bei denen der Schlamm nicht entfernt worden war. Platanus, Alnus, Ulmus hatten nicht gelitten und Populus sowie Salix (Trauerweiden) entwickelten sogar aus der Stammbasis reichliche Wurzeln in den Schlamm hinein. Von Sophora, Fraxinus, Carpinus, Fagus und Betula starben nicht alle Exemplare, so wenig wie von Robinia; die Ueberlebenden erhielten aber gelbes Laub. Linden und Kastanien verloren sogar gänzlich ihr Laub. Immergrüne Pflanzen, auch ein Theil der Coniferen, verloren ihr Laub, soweit sie vom Wasser bedeckt gewesen waren.

Doppelt in's Gewicht fallend ist diese Aenderung der physikalischen Bodenbeschaffenheit in Gegenden, die öfteren Ueberschwemmungen ausgesetzt sind, und unter diesen leiden solche, die von Seewasser überschwemmt werden, am meisten. Abgesehen von dem Schaden, den die Vegetation durch den hohen Seesalzgehalt der Ackerkrume erleidet, zeigt sich nach A. Mayer[2]) als Folgeerscheinung des erst im zweiten Jahre bisweilen bemerkbaren Dichtschlämmens die Bildung einer schwarzen, stark mit Schwefeleisen imprägnirten Schicht, die als weiterer Schädiger der Vegetation anzusehen ist.

Auch v. Gohren[3]) hebt die Bildung derartiger eisenschüssiger, „Knick" genannter, Schichten in humusreichen, lehmigen und thonigen Schlickablagerungen der Meeres- und Flußmarschen hervor und erklärt deren Entstehung damit, daß das Eisenoxyd des Lehmes bei Abschluß der Luft durch die organische Substanz zu Eisenoxydul reduzirt wird, das sich mit der Quellsäure zu quellsaurem Eisenoxydul verbindet. Das sich nach allen Richtungen hin verbreitende quellsaure Eisenoxydul oxydirt sich allmählig wieder, verkittet als Eisenoxydhydrat alle Bodentheile und bildet den verrufenen Ortstein.

---

1) Revue horticole. cit. Wiener Obst- und Gartenzeitung, 1876, S. 37.

2) A. Mayer: Ueber die Einwirkung von Salzlösungen auf die Absetzungsverhältnisse thoniger Erden. (Forsch. auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik, 1879, S. 251).

3) von Gohren: Boden und Atmosphäre. Leipzig 1877. S. 56.

Die Pflanzen können übrigens viel Eisen, ohne zu erkranken, aufnehmen, wenn es ihnen in zusagender Form geboten wird, so z. B. als phophorsaures Eisen. Nach Griffith's[1]) Versuchen hatten die Blätter von Kohlpflanzen in einem Boden mit Eisenvitriol 12,2 % ihrer Asche an Eisenoxyd. In manchen Zellen waren monoklinische Krystalle bemerkbar, die bei mikrochemischer Untersuchung sich als $Fe\,SO^4 + 7\,H^2O$ herausstellten.

Die Mayer'schen Versuche zeigen aber auch, daß die in Wasser suspendirten Thontheilchen sich in verschiedener Weise niederschlagen, je nachdem sie in reinem Wasser oder solchem, welches Kochsalz und andere Beimengungen enthält, sich schwebend befinden. In reinem Wasser fallen die Theilchen nach ihrer Größe (genauer nach dem Verhältniß ihrer Oberflächen zu ihren Massen) nieder. Die feinsten Theilchen bleiben ungemein lange im Wasser schwebend, da sie mit einer beinahe der chemischen Auflösung zu vergleichenden Anziehungskraft von dem Wasser angezogen werden. Dieser Anziehungskraft gegenüber ist die Schwerkraft dieser Theilchen belanglos. Setzt sich der Thon aus einer Salzlösung nieder, so kann man, wenn man solchen Thon versuchsweise in einem Glascylinder aufgeschlämmt hat, beobachten, daß sich von oben herab eine aus dichteren, feineren Thontheilchen gebildete Grenzschicht in dem Cylinder kenntlich macht, oberhalb welcher eine verhältnißmäßig sehr klare Flüssigkeit steht. Durch die Anwesenheit des Kochsalzes werden die feinen Thontheilchen mehr als Ganzes niedergeschlagen (coagulirt nach Schlösing). Die etwas gröberen Theile unter ihnen scheinen im Sinken verzögert zu werden; die feineren werden etwas beschleunigt. Eine sichere Erklärung für diesen Vorgang existirt vorläufig nicht. Man muß annehmen, daß durch die Anwesenheit des Salzes wahrscheinlich die Anziehung zwischen Thon und Wasser vermindert wird, da dieses den Thon vollständiger sinken läßt. Dagegen muß die Anziehung von Thon zu Thon vermehrt, derselbe also verdichtet werden. Durham[2]) erklärt den Vorgang auch derart, daß die Anziehungskraft des Wassers, die sonst gänzlich zur Suspension des Thones in Anspruch genommen ist, durch das Salz der Lösung bis auf den letzten Rest gesättigt wird. Nach Durham verhalten sich Schwefelsäure, nach Mayer die Mineralsäuren überhaupt wie Kochsalzlösung; ebenso ist es mit deren Salzen selbst bei einem Überschuß von fixem Alkali oder Ammoniak.

Das wesentlichste Moment dieser Untersuchungen, das für alle thonigen Kulturböden beachtenswerth ist, liegt in dem Nachweis, daß die salpetersauren Salze sich betreffs der Aufschlämmbarkeit des Thones den salzsauren nähern und wegen ihrer leichten Auswaschbarkeit den Boden rasch zum Dichterwerden bringen. Dadurch erklärt sich das mechanische Verderben thonreicher Boden-

[1]) Biedermanns Centralbl. 1883. Nov. S. 786.

[2]) Chem. News. cit. Naturforscher 1878. p. 112.

arten durch wiederholte einseitige Salpeterdüngung. Nachdem anfangs sich schöne Ernten ergeben, erfolgt später ein Rückgang. Dieselbe Schattenseite hat selbstverständlich die für einzelne Pflanzen zur Verwendung gebrachte Kochsalzdüngung.

Von großem Interesse erscheinen die in einer Arbeit von Hilgard[1]) niedergelegten Angaben über die „Alkaliböden" Californiens. Die oft mitten zwischen vorzüglichem Kulturlande eingesprengten Alkalistellen enthalten soviel Salze, daß dieselben sich durch Efflorescenz auf der Oberfläche bemerkbar machen. Diejenigen, welche alkalische Carbonate (und theilweise auch Borate) enthalten, zeichnen sich durch die Schwierigkeit oder fast Unmöglichkeit aus, zur Herstellung einer eigentlichen Ackerkrume gebracht zu werden. Nach jedem Regen steht auf diesen, durch ihre niedrigere Lage kenntlichen Stellen von aufgelöstem Humus gefärbtes, kaffeebraunes Thonwasser zuweilen wochenlang. Dieselbe Bearbeitung, welche den daneben liegenden guten Boden zu einer aschenartig lockeren Beschaffenheit bringt, macht das Alkali-Land zu einem Haufwerk abgerundeter Schollen von der Größe einer Erbse bis zu der einer Billardkugel.

Die von dem Alkaliboden ausgelaugte, schwarzbraune Lösung gab nach dem Abdampfen, Glühen und Sättigen mit Kohlensäure 0,251 % unverbrennlichen Rückstand; hiervon waren 0,158 % wieder in Wasser löslich, und dieser lösliche Theil bestand aus Natriumcarbonat 52,74 %, Natriumchlorid 38,08 % (33,08 %?) Natriumsulphat 13,26 %, Natriumtriphosphat 1,83 %.

Die 0,093 % unlöslichen Rückstandes des geglühten Wasserextraktes enthielten Calciumcarbonat 14,02 %, Calciumtriphosphat 5,37 %, Magnesiumtriphosphat 5,77 %, Kieselerde in $Na^2 CO^3$ löslich 24,37 %, Eisenoxyd, Thonerde und etwas Thon 50,47 %.

Es zeigt sich hier also, daß trotz der Gegenwart bedeutender Mengen von Neutralsalzen des Calciums und Natriums ungefähr 0,08 % an Natriumcarbonat hinreichten, um den Boden praktisch unbearbeitbar zu machen. In diesem Falle, sowie auch bei vielen andern alkalischen Bodenarten Californiens bringt die Zuthat einer zur doppelten Zersetzung hinlänglichen Menge Gyps eine auffällige Wirkung hervor. Die kaustische Wirkung des Alkalicarbonates auf Samen und Pflanzen wird sofort aufgehoben, so daß dort, wo vorher nur „Alkaligras" (Brizopyrum) und Chenopodiaceen wuchsen, bald Mais und Weizen ohne Schwierigkeit fortkommen. Zur mechanischen Aenderung der Bodenkrume, zur größeren Lockerung derselben, bedarf der Gyps natürlich längerer Zeit.

---

[1]) Hilgard: Über die Flockung kleiner Theilchen und die physikalischen und technischen Beziehungen dieser Erscheinung. American Journal of sciences and arts XVII March 1879. Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik, 1879, S. 441.

Die Wirkung der durch Verschlämmen hervorgerufenen Unterbrechung der Luftcirculation in den Bodencapillaren ist für Samen dieselbe, wie bei zu tiefer Lage der Saat.

Bei den weiter entwickelten Pflanzen kommt das

Aussauern der Saaten

in Betracht, das allerdings nicht an Thonböden und deren Verschlämmung gebunden ist, sondern in allen Böden bei stagnirender Nässe vorkommen kann. Besonders oft aber ist das Uebel bei schweren und zähen Böden zu beobachten.

Das Aussauern von weiter entwickelten Pflanzen ist ein Abfaulen der Wurzeln durch längere Berührung mit stehendem Wasser in Gegenwart organischer Bestandtheile. Die meisten Wurzeln vertragen einen dauernden Aufenthalt in fließendem oder solchem stehenden Wasser recht gut, das frei von abgestorbenen organischen Substanzen ist, was wir bei der für Wissenschaft und Praxis gleich fruchtbringenden Methode der Wasserkulturen sehen können. Es wird aber hier auch ängstlich vermieden, todte Pflanzenreste in den Kulturgefäßen zu belassen; denn die sich zersetzende organische Substanz beansprucht allen Sauerstoff, der bei der geringen Zufuhr noch vorhanden ist; die Wurzel der wachsenden Pflanze muß dann durch Sauerstoffmangel und Ueberschuß an Kohlensäure zu Grunde gehen. Auch in gewöhnlichen Verhältnissen können Saaten oft eine wochenlange Berührung mit Wasser aushalten, wenn die Temperatur eine niedrige ist. So berichtet Feige[1]), daß Weizen, welcher 5 Wochen unter 5° C. kaltem Wasser gestanden, dennoch erhalten geblieben ist. Dagegen war ein Weizen, welcher 8 Wochen unter Wasser war, dessen Temperatur bis auf 7° C. stieg, spurlos verschwunden. Roggen, welcher vordem gesund war, vertrug 4—5 Wochen lang Wasser von 3° C., war jedoch schon etwas angegriffener als der obenerwähnte Weizen. Luzerne und Klee hielten ebenfalls im Wasser besser aus, als Roggen.

Durch Aussauern leidet nach Kühn der Roggen besonders stark, während unter denselben Verhältnissen andere Gräser, wie die Trespe, sich sehr üppig entwickeln können. Dieser Umstand hat den hier und da noch immer auftretenden Irrglauben hervorgerufen, daß Roggen sich in Trespe verwandeln könne.

Am allerschädlichsten wird das Aussauern bei der Winteroelsaat, speziell bei dem Raps. Die Wurzeln desselben faulen bei andauernder Nässe von der Spitze aus ab, so daß im Frühjahr nur noch der Wurzelhals und die Blattrosette übrig bleiben, die so lange gesund erscheinen, als die feuchte Frühjahrswitterung das Austrocknen verlangsamt. Gar bald indeß werden die Pflanzen braun und lassen sich an einem Blatte aus dem Boden ziehen.

---

[1]) Aus „Oesterr. landw. Wochenbl." cit. in Biedermann's Centralbl. 1877, S. 76.

Zur Erklärung des Umstandes, daß bei dauernder Bodennässe die Vegetationsdecke sich ändert, daß also Erscheinungen eintreten, wie die vorerwähnte Ausbreitung der Trespe bei Roggensaat, dient eine Untersuchung von A. Mayer[1]) und E. Freiberg. Dieselbe ergab, daß das Sauerstoffbedürfniß bei den Wurzeln der Sumpfpflanzen ein viel geringeres als bei denen unserer Kulturpflanzen ist. Damit zeigt sich, wie von vornherein zu vermuthen, daß die einzelnen Pflanzenspezies ganz verschiedene Ansprüche an den Sauerstoffgehalt der Bodenluft stellen und sich demnach mit ihrer Ansiedlung nach den gebotenen Verhältnissen richten müssen. Aus den Versuchsergebnissen läßt sich aber noch eine Andeutung entnehmen, welche im Allgemeinen zur Beurtheilung der Ansprüche dienen kann, die die verschiedenen Pflanzen mit dem Luftbedürfniß ihres Wurzelkörpers an die Bodenart stellen. Es zeigt sich nämlich, daß das Sauerstoffbedürfniß der Pflanze für ihre Athmungsthätigkeit um so größer ist, je größer der Stickstoffgehalt der Pflanze. Die Sumpfpflanzen zeigen einen auffallend geringen Stickstoffgehalt und lockeren inneren Bau, der das Speichern großer Luftquantitäten im Innern des Leibes gestattet und auf eine Erleichterung der internen Athmung schließen läßt. Die eigentlichen Wasserpflanzen athmen in geringerer Intensität, wie die Landpflanzen, wie Böhm bei Versuchen in einer Wasserstoffatmosphäre durch Messung der in Folge innerer Verbrennung gebildeten Kohlensäure gefunden.[2]) Da man wohl annehmen kann, daß die Athmungsgröße der Pflanze von der Menge Eiweiß bestimmt wird, das zur Verbrennung im Körper gelangt, so wird bei unseren stickstoffreichen Kulturpflanzen das Sauerstoffbedürfniß des Wurzelkörpers am größten sein und diejenigen Bodenarten daher die geeignetsten, welche diesem Bedürfniß neben den andern Anforderungen am vollkommensten genügen. Dies sind die nährstoffreichen, lockeren oder gelockerten Aecker.

Denjenigen Ländereien also, welche durch Krustenbildung bei Regen oder Verschlämmung bei Ueberschwemmungen immer wieder dem Sauerstoffmangel ausgesetzt sind, wird durch entsprechende Aenderung ihrer physikalischen Eigenschaften aufgeholfen werden müssen. In denjenigen Fällen von Versauern dagegen, bei denen der Luftabschluß nicht durch die physikalische Beschaffenheit zur Nothwendigkeit wird, sondern bei denen nur übermäßige Wasserzufuhr die an sich großen Bodenräume füllt, wird man an Entfernung des Wassers gehen müssen. Hier sind dann tiefe Drainage oder mindestens 120 cm tiefe Abzugsgräben, die den Grundwasserspiegel so weit senken, die empfehlenswerthesten Vorbeugungsmaßregeln. Die Herstellung einer so tiefen, durchlassenden Schicht wird darum nothwendig, weil manche Hülsenfrüchte, wie Luzerne und Espar-

[1]) E. Freiberg und A. Mayer: Ueber die Athmungsgröße bei Sumpf- und Wasserpflanzen. Landwirthsch. Versuchsstationen 1879, S. 463.

[2]) Böhm: Ueber die Respiration von Wasserpflanzen. Sitzungsber. d. Kais. Akad. d. W. zu Wien 1875, Maiheft.

sette mit ihren tiefgehenden, langen, nur spärlich mit Fibrillen besetzten Pfahlwurzeln gern absterben, sobald sie auf Grundwasser kommen.

Die Verbesserung der leicht schließenden Thonböden wird in der Erhöhung ihrer Bearbeitungsfähigkeit bestehen müssen. Die schweren Böden sind ungefüge, d. h. sie setzen den Ackerwerkzeugen durch ihr Anhaften im feuchten Zustande, durch ihre Härte im trocknen Zustande große Schwierigkeiten entgegen. Es entstehen große Schollen, die, wenn der Thon- oder Lettenboden sehr arm an Humus ist, auch nicht leicht zerfallen. Bekanntlich ist die vortheilhafteste Bearbeitung für die Frühjahrsbestellung das Umbrechen im Herbst und Liegenlassen in rauher Furche; die während des Winters erfolgende Lockerung durch das Gefrieren des Wassers in den Bodenzwischenräumen macht aus den zähen Schollen eine mürbe, krümelige Masse.

Diese Vortheile aber sind nur für die Frühjahrsbestellung vorhanden und verschwinden nach starken Regengüssen im Laufe des Sommers. Man muß also gegen die Zähigkeit durch Zufuhr von Humus oder Moorerde sorgen. Das Düngen mit langem strohigem Mist ist hier außerordentlich angebracht. Ganz besonders wirksam aber zeigt sich das Kalken und Mergeln des Bodens. Durch die Zufuhr von Kalk, der im Boden als doppelt kohlensaurer z. Th. in Lösung ist, wird das Verschlämmen verhindert, wie die praktische Erfahrung lehrt.

Nach dem Citate in der Mayer'schen Arbeit haben die Durham'schen Versuche gezeigt, daß Zusätze kleiner Mengen von freien Alkalien oder deren Carbonaten, sowie von Kalk die Fähigkeit des Wassers, den Thon schwebend zu erhalten, nicht unwesentlich erhöhen. [1])

[1]) Dagegen haben größere Mengen von Kalk- und Magnesiasalzen (in geringerem Grade auch Kali-, noch weniger Natron- und Ammoniaksalze) dieselbe Coagulationskraft nach Schlösing*) wie Salz-, Schwefel- und Salpetersäure. Die zum schnellen Niederschlagen des Thones aus Lösungen erforderlichen Mengen von Kalk- oder Magnesiasalzen sind je nach dem Salze verschieden, im Allgemeinen aber gering. So genügten 2 Theile Kalk in Form von Chlorcalcium, schwefel- oder salpeters. Kalk zum raschen Coaguliren von 10000 Theilen Thon. Zwischen den Ansichten von Mayer und Schlösing besteht betreffs des Einflusses der Salzlösungen auf die Verschlämmbarkeit ein Widerspruch. Mayer schreibt dem Sichverdichten der Thonlösung, der Coagulation, das Verschlämmen zu, wogegen Schlösing (nach den mir zugänglichen Referaten) aus demselben Vorgange die Bodenlockerung herleitet, obgleich er später selbst sagt, daß bei ausschließlicher Anwendung mineralischer Düngemittel der Landwirth durch erstjährige gute Ernten getäuscht wird und den damit verbundenen Nachtheil, nämlich den Verlust der Lockerheit, die durch die organischen Dung-Substanzen bedingt wird, erst später merkt. Darin liegt eine Bestätigung der Mayer'schen Angabe, daß das Verdichten des Thones den Vorgang des Verschlämmens bedingt. Wenn man daher den wohlthätigen Einfluß des Aetzkalkes und der Kalksalze auf die Bodenlockerung als feststehend ansehen muß, so wird in einer andern Wirkung derselben dieser lockernde Einfluß zu suchen sein. Man

*) Schlösing in Barral's Journal d'agriculture 1874. cit. in Biedermann's Centralbl. 1875, S. 156.

Kalken, Mergeln, Gypsen.

Die im praktischen Betriebe durch das Kalken hervorgerufene Lockerung wird wesentlich wohl durch die chemische Wirkung des Kalkes bedingt. Es wird empfohlen, den gebrannten Kalk in Körben so lange unter Wasser zu halten, bis keine Luftblasen mehr aufsteigen (etwa 3—4 Minuten) und dann die Stücke auf einen Haufen zu schichten. Sie zerfallen (löschen sich) von selbst und der Kalkstein, der durch das vorhergegangene Brennen seine Kohlensäure verloren, wird nun ein weißes Pulver aus Calciumhydroxyd ($Ca H^2 O^2$) und stellt als solches den gelöschten Kalk dar, der sich in 730 Theilen kaltem, aber erst in 1300 Theilen kochendem Wasser löst (Kalkwasser).

Im Thonboden nun greift der Kalk die Silikate an, zersetzt sie und macht lösliche Kaliumverbindungen frei. Die Humusstoffe bringt er schneller zur Verwesung durch schnellere Zerstörung der organischen Substanzen.

Betreffs der technischen Ausführung des Kalkens ist zu bemerken, daß das Kalkpulver bei windstillem Wetter recht gleichmäßig mit der Hand oder einer passenden Schaufel über den Acker zu vertheilen ist. Man thut gut, im Herbste auf den Stoppel zu streuen und dann flach unterzuackern; muß man bis zum Frühjahre warten, dann streue man möglichst zeitig vor der Saat, sobald der Boden abgetrocknet ist. Schwächere Dosen (15—30 Ctr. pro Hektar) in etwa 5jähriger Wiederholung empfehlen sich mehr, als einmalige starke Kalkung, weil durch letztere die Humuszersetzung eine so heftige wird, daß die nachfolgende Erntesteigerung auf Kosten späterer Produktion stattfindet.

Man sagt auch in der Praxis, Kalkboden sei ein zehrender Boden, weil er wegen seiner die Verwesung begünstigenden Eigenschaften den thierischen Dünger schnell verzehrt.

Natürlich hängt das Quantum des Kalkes vom Boden ab; am meisten wird der zähe Thonboden vertragen, während man auf armem Sandboden am vorsichtigsten sein muß. Die am schnellsten in die Augen springenden Resultate

kann dann entweder annehmen, daß die Art der Coagulation bei Gegenwart von Kalksalzen eine andere (z. B. flockige bis körnige), also größere Capillarräume zwischen den einzelnen Gruppen herstellende ist, oder daß die Einwirkung der Kalksalze auf andere, mit den feinen Thontheilchen sehr innig gemengte, ebenso feine Bodengemengtheile eine die Lockerheit des Gesammtbodens begünstigende ist. Daß die bei der mechanischen Schlämmprobe suspendirt gebliebenen, feinen Bestandtheile nicht reiner Thon, sondern ein inniges Gemisch von Kalksand, Quarzsand, humosen Bestandtheilen und reinem Thon ist, hat Schlösing in einer frühern Arbeit (Compt. rend. 1874, Bd. LXXVIII, S. 1276) selbst betont und daran den Nachweis geknüpft, daß die in den meisten Analysen gemachten Angaben über den Thongehalt (60—80%) einzelner Bodenarten viel zu hoch sind und daß S. bei einem abnorm thonreichen Boden doch nur 35% wirklichen Thon nachzuweisen vermochte.

Die letztgeäußerte Ansicht, daß der Kalk durch seine Einwirkung auch auf andere Bodenbestandtheile die Lockerheit des Thonbodens bedingt, erscheint mir annehmbarer. Jedenfalls wirkt der Prozeß des Kalkens auch durch chemische Umsetzungen im Thonboden.

wird ein kalkarmer aber humoser Boden liefern, auf dem Sauerampfer (Rumex acetosella) auf Kalkmangel hinweist. Hier wird der Kalk auch als Pflanzennährstoff Verwendung finden.

Auch bei dem Mergeln ist der Kalk das wirksame Prinzip und daraus ergiebt sich schon, daß ein thoniger und humusreicher Boden das Mergeln besser verträgt als magerer Sandboden, der wiederum von Thonmergel mehr als von Kalk- oder Sandmergel bekommen kann. Das zum Theil gefürchtete „Ausmergeln“ wird nur dann eintreten, wenn man mit der Stallmistdüngung in Rückstand bleibt. Letztere ist aber für alle Bodenarten und speziell nun noch für die schweren Böden unerläßlich zur Erhaltung leistungsfähiger Aecker. Keine Mineraldüngung kann Stallmist ersetzen.

Der Einfluß, den der im Mergel auf den Acker gebrachte kohlensaure Kalk auf die Verwesung der humosen Stoffe ausübt, wird sehr deutlich durch Versuche von Petersen (Jahresber. f. Agrik. 1870/72, Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. 13, S. 155) illustrirt. P. bestimmte die durch den Verwesungsprozeß in verschiedenen Bodenarten entstehende Kohlensäure ohne und mit Zusatz von kohlensaurem Kalk. Bei Anwendung eines als vollkommen unfruchtbar bezeichneten, schweren Thonbodens mit 1,98 % Humus und 36 % seiner wasserfassenden Kraft an Wassergehalt fand er in 16 Tagen 0,07 % vom Gewicht des trocknen Bodens Kohlensäure; dagegen unter denselben Verhältnissen bei Zusatz von $^1/_2$ % kohlensauren Kalkes, der als Mergel dem Thon beigemischt worden war, ergab derselbe Boden 0,20 % Kohlensäure oder

pro Liter trocknen Bodens ohne Zusatz von Kalk 0,9153 g
mit „ „ $^1/_2$ % „ 2,6167 g.

Eine Laubholzerde von stark saurer Reaktion mit 58 % Humus und 30 % der wasserhaltenden Kraft an augenblicklichem Wassergehalt ergab ohne und mit Zusatz von 1 % kohlensauren Kalkes (wobei die Erde noch sauer reagirte) nach 16 Tagen: ohne Kalkzusatz pro Liter trocknen Bodens 0,8911 g, mit Zusatz von 1 % kohlens. Kalkes 3,386 g; bei Zusatz von 3 % kohlens. Kalkes ergab der Boden 5,3476 g Kohlensäure, während die dazu gehörige kalklose Vergleichsreihe nur 0,9664 g CO^2 erzeugte. Der Kalkzusatz hatte also eine 3—4 mal so große Kohlensäureproduktion, also Humuszersetzung hervorgerufen, gegenüber demselben Boden im ungemergelten Zustande.

Heiden in Pommritz faßt die Wirkung des Mergelns dahin zusammen: Die chemische Wirkung des Mergelns beruht vor Allem in dem Gehalte desselben an kohlensaurem Kalke und besteht in beschleunigter Zersetzung der organischen Bodenbestandtheile, in der Bindung der dem Pflanzenwachsthum so schädlichen freien Säuren, in Verwandlung des Eisenoxyduls in Oxyd, in Vermittlung der Absorption der basischen Nährstoffe durch den Boden. Die Basen werden im Boden als wasserhaltige Silikate und als humussaure Salze festgehalten; bei der Absorption der Basen aus den Salzen durch die Humus-

körper müssen dieselben an Kohlensäure gebunden vorhanden sein. Die Vermittlung der Bildung von kohlensauren Salzen bewirkt der Kalk. Es werden ferner die mineralischen Bestandtheile des Bodens zersetzt, wodurch die basischen Nährstoffe frei und für die Pflanze aufnehmbar gemacht werden.

Die physikalische Wirkung besteht außer in einer Veränderung der Mischungsverhältnisse des Bodens in einer Erhöhung, resp. Vertiefung der Ackerkrume. Nicht jeder Mergel paßt auf jeden Boden; der Thonboden muß einen Kalk- oder Sandmergel erhalten, wenn es möglich ist.

Gegenüber diesen indirekten Wirkungen zeigt sich die direkte in der Zufuhr von Kali, löslicher Kieselsäure, Magnesia, Phosphorsäure, die außer Kalk in jedem Mergel vorhanden sind.

An die Besprechung des Mergelns seien hier, als naturgemäß dazu gehörig, einige Worte über das Gypsen angeführt. Bekannt sind die Worte Franklin's „this has been plastered", die derselbe mit Gyps auf das Kleefeld schrieb, um seinen Landsleuten das übrigens schon den Römern (Knop, Kreislauf des Stoffes) und Griechen als vortheilhaft bekannte Verfahren zu empfehlen. Nach den Versuchen von Knop, Déhérain und Liebig macht eine Gypslösung in Böden, die absorbirtes Kali enthalten, dasselbe als schwefelsaures Salz frei, während sich Kalk niederschlägt. Die von der Praxis empfohlene Methode, den Gyps auf frisch bethauete oder beregnete Kleepflanzen aufzustreuen, erklärt sich dadurch als vortheilhaft, daß auf den nassen Pflanzen schon eine Gypslösung entsteht, die von der Pflanze abtropft und sofort in der nächsten Nähe der Wurzeln wirksam werden kann.

Das Versauern der Topfgewächse.

Das Versauern der Topfgewächse zeigt sich vorzugsweise auch nur bei Anwendung lehmiger und mooriger Erden. Wenn das Abzugsloch des Blumentopfes verstopft ist und übermäßiges Begießen durch ungeübte Arbeiter stattfindet, sterben auch die Wurzeln der Topfgewächse vollständig ab, indem sie braun und weich werden.

Die versauerte Erde läßt sich durch ihren eigenthümlichen Geruch sofort erkennen; es tritt ein ganz anderer Zersetzungsprozeß der reichlich vorhandenen organischen Reste, welche nahrhafte Topferden immer enthalten, ein. Es entstehen wahrscheinlich saure Verbindungen aus der immer noch wenig gekannten Reihe der Humuskörper und jedenfalls auch freie Säuren. Ist Eisen im Boden, so können die unschädlichen Eisenoxydsalze zu den schädlichen Oxydulsalzen reduzirt werden, da bei der Ueberfüllung der Bodenräume mit Wasser empfindlicher Sauerstoffmangel eintreten muß.

Das sowohl durch die Wurzelausscheidung, sowie durch die Zersetzung der organischen Bodenreste mit Kohlensäure überfüllte Wasser reicht bei dauernder Einwirkung allein schon hin, die Pflanzen zu tödten. W. Wolf[1]) zeigte

[1]) Tagebl. d. Naturf. Vers. zu Leipzig 1872, S. 209.

experimentell, daß gesunde Pflanzen in kohlensäurehaltiges Wasser versetzt, alsbald in ihrer Kohlensäure-Ausscheidung ganz bedeutend nachlassen. Die Folge davon ist ein Welken und später ein Absterben der Blätter. Wenn wir auch die Mechanik des hier stattfindenden Welkens noch nicht mit Sicherheit erklären können [die von W. Wolf[1]) gegebene Erklärung erscheint nicht acceptabel], so werden wir doch kaum fehlgehen bei der Annahme, daß in Folge der übermäßigen Kohlensäureanhäufung im Bodenwasser zunächst die normale Kohlensäureausscheidung der Wurzeln, die bei kräftigem Wachsthum nicht unbeträchtlich, aufgehoben wird. Es muß im Innern der Pflanze ein außergewöhnlich hoher Gasdruck entstehen, der bis zum Auftreten positiver Drucke in den Gefäßen gesteigert, die Fähigkeit derselben, Wasser nach den oberirdischen Theilen zu leiten, reduzirt. Die Leitungsfähigkeit der Gefäße für Wasser wird um diejenige Leistung vermindert, die der negative Druck in den Gefäßen übernimmt. Wenn somit die Zuleitung des Wassers geschwächt, ohne daß der Verbrauch durch die Blätter vermindert wird, so ist das Welken die nächste Folge. Wenn, wie bei den Versuchen von Wolf, die Pflanzen in destillirtes Wasser zurückversetzt werden, stellen sich ein normales Aussehen und normale Funktionen wieder ein. Das destillirte Wasser ist in diesem Falle gleichsam ein Schwamm, der die Kohlensäure und die übrigen Wurzelausscheidungen mit Begierde aufnimmt. Betreffs der übrigen Ausscheidungen, die unter Umständen in etwas Kalk und Magnesia (Knop), mehr noch in Kali (Knop, Fittbogen) bestehen, wird durch den Ueberschuß der Kohlensäure im Boden jedenfalls auch eine Veränderung sich einstellen. Dieser Punkt ist vorläufig noch zu wenig experimentell studirt, um hier schon zur Erklärung verwendet werden zu können.

Für die Pflanzenwurzel wird schließlich der Effect derselbe sein, ob die Kohlensäure im Wasser gelöst oder gasförmig in Folge mangelnder Bodenabsorption die Wurzelfasern umspült. Letzterer Fall ist auch in ganz trockenen Thonböden denkbar, in denen eben nicht mehr Wasser genug vorhanden, um die Kohlensäure zu absorbiren. Bei den oberirdischen Pflanzentheilen ist es allerdings sehr in's Gewicht fallend, ob sie mit kohlensäurereichem Wasser oder mit derartiger Luft in Berührung kommen. Wenigstens ist dies durch Böhm's Versuche für die Blätter grüner Landpflanzen anschaulich gemacht worden.[2]) Böhm tauchte Blätter verschiedener Landpflanzen in kohlensäurehaltiges Wasser und fand, daß die Sauerstoffabscheidung aufhörte, wenn man den Pflanzentheil verhinderte, sich erst mit einer Kohlensäureatmosphäre zu umgeben und sich dadurch vor der direkten Berührung mit dem Wasser abzuschließen.

---

[1]) Jahresber. f. Agrik.-Chemie 1870/72, II, S. 134.

[2]) Anzeigen der Wiener Akademie der Wissenschaften, 1872, Nr. 24, 25, S. 163.

Die Erscheinungen bei dem übermäßigen Begießen verstopfter Töpfe und der daraus resultirenden Stockung der Boden- und Pflanzenthätigkeit lassen sich am besten ermessen, wenn man einmal den Boden eines Blumentopfes mit einer gesunden Pflanze während der Vegetationszeit mikroskopisch betrachtet. Was für ein reges Wirthschaften entfaltet sich da im Boden. Von der Krume aus bis auf den Topfgrund begegnet man (bei Laub- und Haideerde) Resten von Blättern und Stengeln, an denen vielfache Arten der sog. Schimmelformen in sterilen Mycelrasen oder mit ausgebildeten Conidienformen ihr Zersetzungswerk ausüben. Je nach der Natur der Pflanzenreste findet man abwechselnd Sepedonium (chrysospermum?), Verticillium ruberrimum oder Penicillium glaucum, Acremonium, Acrocylindrium, Cladosporium penicillioides u. A. m. Auf der Oberfläche kommen bisweilen noch viele andere, namentlich der luftbedürftigeren Gattungen vor, gemeinschaftlich mit lebenden Diatomaceen und andern Algenformen. Tief hinein gehen die Schizomyceten. Man findet Stärkekörnchen und Plasmareste von strahlig angeordneten Colonien von Stäbchenbacterien umgeben; auch auf krystallinischen Splittern sind manchmal Bacteriencolonien angesiedelt. All' dies rege Leben arbeitet an der Zerstörung der Pflanzensubstanz und befördert die Sauerstoff beanspruchenden Prozesse, die wir als Verwesung und, bei stickstoffhaltigen Bestandtheilen als Fäulniß bezeichnen, und all' dies rege Leben wird durch den Abschluß der Bodenporen mit Wasser entweder aufgehoben, oder in andere, schädliche Bahnen geleitet, die in die Region der Vermoderungserscheinungen, also der Zersetzung bei Sauerstoffabschluß, gehören.

Man kann bei den Topfkulturen den Beginn einer Stagnation schon voraussetzen, wenn man sieht, daß die Oberfläche des Bodens sich mit einer auch dem Topfrande fast ansitzenden, harten, weißen oder röthlich gefärbten Kalkkruste überzieht. Daß die Inkrustirung der obersten Bodenschicht der Töpfe durch kohlensauren Kalk vorzugsweise erfolgt, ersieht man aus der ungemein reichen Kohlensäure-Entwicklung bei Zusatz von Essigsäure.

Auch kohlensaure Magnesia und kohlensaures Eisenoxydul, das später durch Oxydation zu Eisenoxydhydrat verschiedene Färbungen der Krusten erzeugt, werden angetroffen werden. Es scheinen bisweilen auch schwalbenschwanzförmige Krystalle des Gypses und Oktaeder des oxalsauren Kalkes, sowie in Essigsäure lösliche rhombische Formen von phosphorsaurem Kalke aufzutreten. Diese letztgenannten Salze sind nicht immer und nie in großen Mengen nachweisbar; dagegen sind der kohlensaure Kalk und wohl auch die kohlensaure Magnesia nebst feinsten Quarzsandkörnchen die steten Materialien der Krusten, zwischen denen anfangs noch eine reiche Pilzvegetation mit Conidienbildung auf den Humusbestandtheilen wahrnehmbar ist. Die Entstehung dieser Krusten ist dadurch zu erklären, daß das bei dem Begießen in großen Quantitäten gegebene Wasser sich mit der durch den Verwesungsprozeß reichlich erzeugten

Kohlensäure innerhalb der Bodenzwischenräume beladet. Dadurch wird das Wasser ein ausgezeichnetes Lösungsmittel für den im Boden vorhandenen einfach kohlensauren Kalk und die Magnesia, für phosphorsaures und kieselsaures Eisenoxyd u. s. w.

Je schneller bei gutem Abzuge des Blumentopfes das überschüssige Wasser ablaufen kann, desto weniger Mineralien werden gelöst und fortgeschwemmt. Bleibt dagegen das Wasser im Topfe und ist es einmal mit dem Kalk, der als doppelt kohlensaurer gelöst ist, reichlich versehen, so ist kein andrer Weg zur Entfernung vorhanden, als der der Verdunstung. Es verdunstet nun von der wassergesättigten Oberfläche des Topfes und, falls die Poren der Topfwände nicht durch grüne, schleimige Algenvegetation verschlossen, auch durch diese Wandungen hindurch langsam diese Wassermasse, wobei sie die gelösten Stoffe zurückläßt. Die „Töpfe beschlagen". Der Kalk bleibt als einfach kohlensaurer Kalk zurück wie am Rande eines Kochtopfes, in welchem kalkhaltiges Wasser zum Kochen gebracht wird.

Hiermit ist die Nützlichkeit der beiden in der Praxis angewendeten Vorgänge des häufigen Abwaschens der Blumentöpfe und des Auflockerns der Bodenoberfläche erwiesen.

Man hat bei der zunehmenden Sucht, alles durch Düngung zu erzielen, auch vielfach versucht, den in vergossenen Töpfen stehenden Pflanzen durch Zuführung verschiedenartiger Düngungsmittel wiederum aufzuhelfen, ohne die Grundaufgabe, nämlich die Herstellung genügender Bodenventilation zu erfüllen. Die Pflanzen haben sich dabei nicht verbessert. Umpflanzen der Gewächse zur Zeit der beginnenden Vegetation und Anregung der geschwächten Pflanze zu erhöhter Produktion durch Zuführung von Wärme zu den Wurzeln bleiben die besten Mittel.

Daß eine Düngung bei saurer Erde, also bei Gegenwart freier Humussäure, eher schädlich wie nützlich wirken kann, geht aus Eichhorn's Untersuchungen hervor.[1]) Humusreiche Erden, sagt der Verf., welche freie Humussäuren enthalten, machen aus Lösungen neutraler Salze Säure frei. Die hierdurch entstehende Säuerung ist stärker, als ohne die Mitwirkung dieser Salze. Düngungen mit neutralen Salzen werden daher in solchen Bodenarten die Säuren vermehren. Ist die Humussäure an Basen gebunden, so tritt eine solche Säuerung nicht ein. Dasselbe findet statt mit phosphorsaurem Kalk oder einem Phosphate überhaupt, wobei Phosphorsäure oder phosphorsaurer Kalk in Lösung gehen; Zusätze von neutralen Alkalisalzen, besonders schwefelsauren Alkalien, begünstigt die Zersetzung. Zusätze von Mist, Jauche ꝛc. werden bei solchen Aufschließungen nur Nachtheile bringen und sind ebenso zu

[1]) Landwirthsch. Jahrbücher 1877, S. 957.

vermeiden, wie mergelige Erden und alle Dinge, welche die freie Humussäure neutralisiren.

Bei Erörterung der Wirkungen eines zu nassen Bodens mag auf das

unvorsichtige Begießen

hingewiesen werden. Ein übermäßiges Begießen wird zum Theil dadurch veranlaßt, daß der Ungeübte jederzeit einen Wassermangel im Boden voraussetzt, sobald die Pflanzen welken. Bestärkt wird er in diesem Glauben durch die Erscheinung, daß häufig nach dem Gießen im Laufe des Tages ein Straffwerden der Pflanzen eintritt. Folgt nun diesem Zustande der Turgescenz wiederum ein Welken, so wird die Wassergabe erneuert, bis sich die Pflanze als dauernd welk und die Wurzel als verfault erweist. Solche Vorgänge zeigen sich namentlich im Herbst bei dem Einräumen zarterer Pflanzen in die Glashäuser, die noch wenig geheizt werden. Der Grund des Welkens ist dann die Kälte des Bodens. Wir wissen durch eine Anzahl Beispiele von Sachs,[1]) daß die verschiedenen Pflanzen eine bestimmte Temperatur für ihre Wurzeln brauchen, damit dieselben arbeiten, also auch Wasser aufnehmen können. Tabak und Kürbis welken in einem Boden von 3—5 ° C.; wurde derselbe Boden auf 12—18 ° C. erwärmt, war die Wurzelthätigkeit wieder hergestellt. Wenn, wie in dem angeführten Beispiele, nun begossene, welke Pflanzen im Laufe des Tages ihre Blätter heben, wurde dies dem Einfluß des Gießens zugeschrieben. Der wirkliche Grund aber war die während des Tages durch die Sonne veranlaßte Erhöhung der Temperatur der Luft und somit des Bodens im Topfe, wodurch die Wurzeln zur Wasseraufnahme wieder angeregt wurden. Bei Eintritt der Nacht und Sinken der Temperatur unter die Grenze, bis zu welcher die Wurzel überhaupt noch zur Aufnahme von Wasser fähig, wiederholt sich das Welken. Die Pflanze kann also bei größter Bodennässe dennoch verdursten, wenn der Boden zu kalt ist. Andererseits kann die Pflanze in feuchter Luft mit total faulen Wurzeln noch lange Zeit leben, wie sich bei Wasserkulturen zeigt. Dies ist auch der Grund, daß man bei Wurzelerkrankungen meist erst sehr spät Symptome von Störungen am oberirdischen Theile wahrnimmt.

Eine andere Ursache des Welkens macht sich im Hochsommer bemerkbar. Wenn stark verdunstende Pflanzen der heißen Sonne und bewegten Luft längere Zeit ausgesetzt sind, beginnen sie trotz genügender Bodenfeuchtigkeit zu welken, weil die Wassermenge, welche durch die Blätter verdunstet, nicht schnell genug von der Wurzel ersetzt werden kann. Zwar wird durch die bei stärkerem Sonnenscheine gleichzeitig eintretende Temperatur-Erhöhung auch die Wasserzufuhr sich vermehren. Namentlich steigert sich nach de Vries[2]) die Imbi-

---

[1]) Lehrbuch der Botanik, I. Aufl., S. 559.

[2]) Bot. Zeit. 1872, S. 781.

bition der Zellwände, und derartig vollgesogene Wandungen geben auch ihr Wasser schneller weiter an eine wasserbedürftige Umgebung; allein dieser Prozeß steigert sich an solchen Tagen mit außergewöhnlich hoher Verdunstung nicht in gleichem Maaße wie jener. Werden die Töpfe dann ungeprüft weiter gegossen, so versauert die Erde ebenfalls.

Dasselbe Endresultat zeigt sich bei den sogenannten Neuholländer- und Cappflanzen, wie Epacris und Erica. Die lockere, feine, sandige, wenig zersetzte Erde, die als Haideerde im Handel ist, kann zwar in den Töpfen nicht sehr fest gepflanzt werden, weil die unverwesten Wurzel- und Blattreste eine sehr gute Drainage bilden; durch zu scharfes Begießen werden aber die feinen Sand- und Thontheilchen erst aufgewirbelt und dann nach unten gespült, so daß nur lange, lockere, faserige Bestandtheile auf der Topfoberfläche zurückbleiben. Dieselben können natürlich nur sehr wenig Wasser zwischen sich zurückhalten und lassen dasselbe schnell nach unten durch. Die Topfoberfläche ist deßhalb stets fast halbtrocken. Wenn sich nun der Gärtner verleiten läßt, unter solchen Umständen zu gießen und wenn die Pflanzen keinen guten Abzug haben, dann faulen die sehr feinen Wurzeln.

Als Hülfsmittel bei versauerten Töpfen ist bereits oben das Verpflanzen und Einsenken der kranken Pflanzen in Beete mit Bodenwärme empfohlen worden. Daß bei dem Umpflanzen die Wurzeln bis auf die gesunden Theile zurückgeschnitten werden müssen, darf als selbstverständlich gelten. Als Vorbeugungsmaßregel ist das Einsenken der Töpfe in die Erde u. dgl. zu empfehlen. Dazu muß man sich aber eines Stockes oder eines kegelförmig gedrehten Holzes bedienen, um ein tiefes, trichterförmiges Loch herzustellen, dessen oberer Rand grade so groß, wie der Topfrand ist. Der Topf hängt dann gleichsam in dem Loche; der Topfboden hat unter sich den übrigen Theil des kegelförmigen Loches, wodurch das Einkriechen der Regenwürmer durch das Abzugsloch und das Verstopfen desselben verhindert wird.

Bei frei im Zimmer oder auf Tabletten stehenden Blumentöpfen darf bei nur einiger Aufmerksamkeit kein Versauern vorkommen. Es läßt sich nämlich durch Anklopfen an den Topf mit ziemlicher Sicherheit der Wassergehalt der Erde beurtheilen. Wenn diese reich an Feuchtigkeit ist, befindet sich auch Wasser zwischen den einzelnen Bodenpartikelchen und der Wandung des Topfes, und der Ton desselben ist ähnlich dem einer dichten Masse; bei solcher Wasserarmuth dagegen, die ein Begießen nöthig macht, klingt der Topf hohl.

Nach dem Vorstehenden ist also nicht nur zu erwägen, wieviel gegossen wird, sondern auch, in welcher Art und Weise die Topfpflanzen begossen werden. Um das Aufwirbeln der feinsten Thon- und Sandpartikelchen und damit die Krustenbildung oder das Verschlämmen der Abzugskanäle des Topfes zu vermeiden, wird man also nie scharf aus der Tülle der Gießkanne gießen dürfen. Entweder bediene man sich bei beetweise gestellten, eingesenkten Pflanzen der

Brause oder bei Töpfen auf Stellagen in Glashäusern einer lang und eng ausgezogenen Tülle, die nur einen schwachen Wasserstrahl giebt. Auch vermeide man, den Wasserstrahl auf die Stammbasis zu halten, die nicht selten ganz weiß von Kalkinkrustationen ist.

Ausfaulen der Saaten.

Mit dem Versauern nicht zu verwechseln ist das Ausfaulen der Saaten und Staudengewächse, das durch zu lange liegen bleibenden Schnee hervorgerufen wird. So nützlich immerhin der Schnee als poröse und schlecht die Wärme leitende Decke auch ist, indem er die Pflanzen vor dem Erfrieren besser als alles andere Deckmaterial schützt, so schädlich kann er im Frühjahr werden, wenn sich durch Aufthauen und Gefrieren über dem lockeren Schnee eine Eiskruste gebildet hat, die den Zutritt der Luft abschneidet. Die Pflanzen ersticken unter der Decke und faulen. Häufig zeigen sie noch ein Bestreben, sich empor zu arbeiten, indem die Achselknospen der vorjährigen, faulenden Blätter sich zu entwickeln beginnen; aber allmählich sieht man auch sie von außen nach innen der Fäulniß erliegen. Dies ist besonders leicht bei Rübsen der Fall, der nach Kühn bei früher Saat und starker Düngung auf humosem Boden oft leidet. Ueberall da, wo durch üppige Herbstentwicklung ein Ausfaulen der Saaten zu befürchten steht, empfiehlt sich das Abweiden bei trocknem Herbstwetter oder bei Blachfrost. Auch die Drillkultur wird hier von Nutzen sein, weil der centrale, junge Herztheil der Pflanzen höher liegt und nicht von den alten Blättern bedeckt wird, von denen die Fäulniß zunächst ausgeht.

Aufziehen der Saaten.

Nicht zu unterschätzen ist endlich der Einfluß des Wassers auf die Erwärmbarkeit des Bodens. Die Praxis spricht von warmen und kalten Böden und bezeichnet damit die große oder geringe Fähigkeit derselben, die durch die Sonnenstrahlen erzeugte Wärme festzuhalten. Solche Wärmeabsorption ist natürlich zunächst um so größer, je weniger die Sonnenstrahlen reflektirt werden. Die trockne Luft läßt die Wärmestrahlen großentheils durchgehen; der Boden hält sie fest und erwärmt sich, was der Grund für die großen Temperatur-Unterschiede im Sonnenschein zwischen Luft und Boden zu Gunsten des Letzteren ist. Und zwar wird ein Boden um so mehr Wärmestrahlen zurückhalten, je dunkler er ist. Die schwarzen Bodenarten behalten auch die leuchtenden Strahlen, in Wärme umgesetzt, wogegen die weißen Böden sie reflektiren. Bekannt ist, daß der mit Ruß bestreuete Schnee schneller schmilzt und daß die Früchte an einer schwarzen Spalierwand schneller reifen. Wie namentlich aus den Versuchen von Gasparin[1]) deutlich hervorgeht, kann in der That die Farbe von vorherrschender

---

[1]) Cours d'agriculture 1843 t. I. p. 182, cit. in Mayer's Agrikulturchemie Th. II. S. 118.

Bedeutung für die Erwärmbarkeit des Bodens sein. Dieselben Bodenarten wurden theils mit Magnesia weiß, theils mit Kienruß schwarz gefärbt und zeigten in Folge dieser Farbenverschiedenheit eine Differenz von durchschnittlich 7° C. zu Gunsten des schwarzen Bodens.

Bei gleicher Farbe richtet sich die Bodenwärme zunächst nach dem Wassergehalt. Wenn man bedenkt, daß durchschnittlich viermal so viel Wärme nöthig ist, um eine gleiche Quantität Wasser gegenüber einem trocknen Boden um einen Grad zu erhöhen, so wird man einen Maaßstab finden, um wie viel mehr ein trockner Boden bei derselben Sonnenwärme sich erwärmen kann, als ein stark wasserhaltiger. Hierzu kommt noch der Umstand, daß bei ursprünglich gleicher Erwärmung im nassen Boden viel mehr Wasser verdunstet, also Wärmearbeit beansprucht, mehr Wärme als solche aufgezehrt wird. Es bleibt somit kein Zweifel, daß der nasse Boden auch der kalte ist.

Unter Umständen ist der Wassergehalt von größerem Einfluß als die Farbe; denn ein dunkler, aber nasser Boden erwärmt sich im Allgemeinen nicht so stark bei gleich lange anhaltendem Sonnenschein, wie ein heller, aber trockner Boden, wie Schübler durch Versuche nachgewiesen. Der Versuchsansteller untersuchte auch noch in anderer Beziehung die Bodenarten und kam in Bezug auf die wärmehaltende Kraft der Bodenarten zu dem Schlusse (cit. in Agrik.-Chemie v. Mayer, Th. 2, S. 125): daß sich dieselbe im Allgemeinen verhalte, wie deren spezifisches Gewicht.[1]) Leichtere Bodenarten werden also in sich eine geringere Menge Wärme speichern als schwere. Bei allen diesen Betrachtungen kommt aber bei unserm Kulturboden ein modifizirendes Element dazu und dies besteht in dem Reichthum an organischer Substanz, deren Oxydation eine merkliche Wärmequelle abgeben kann.

Umgekehrt wie die Erwärmung dürfte sich die Abkühlung der Böden durch Ausstrahlung der Wärme verhalten. Ein mit wenig Wasser versehener Boden, der sich in der Sonne schnell erwärmt, wird auch am schnellsten erkalten; dagegen spezifisch schwere, wasserreiche Bodenarten, die sich sehr langsam erwärmen, würden sich auch langsamer abkühlen, wenn nicht die gesteigerte Wasserverdunstung die Erkaltung beförderte und auf diese Weise den Vortheil der langsamen Wärmeabgabe vermindern würde.[2])

[1]) Unter „spez. Gew. des Bodens“ ist hier das Gewicht des Gemenges, das unsere Kulturböden darstellt, dividirt durch das Gewicht eines gleichen Volumens Wasser zu verstehen und nicht das spez. Gewicht der die Ackererden zusammensetzenden einzelnen Bestandtheile. Denn sonst ist die spez. Wärme humusfreier und wasserfreier Böden so ziemlich dieselbe; sie schwankt nur zwischen 0,193 und 0,208, ist im Mittel also 0,2 = $^1/_5$ der des Wassers anzunehmen.

[2]) Bei dem Erkalten der Böden ist der Humusreichthum sehr maßgebend. Die Humusböden haben eine sehr hohe wärmehaltende Kraft, da bei ihnen die spez. Wärme am größten ist, bei dem Torf z. B. 0,507. Die Farbe hat auf das Erkalten durch Strahlung keinen Einfluß, wohl aber die Oberflächenbeschaffenheit.

Grade die stark wasserhaltenden Bodenarten sind es, welche das **Aufziehen der Saaten durch Frost** zeigen. Nach unbeständiger Winterwitterung, bei welcher auf nasse Tage scharfe Fröste plötzlich folgen, sieht man im ersten Frühjahr eine Menge junger Pflänzchen mit bloßgelegten Wurzeln auf der Oberfläche des Ackers. Ein Theil der Wurzeln ruht auch wohl noch mit seinen Spitzen in der Erde und fristet den Pflänzchen ein kümmerliches Dasein, während andere Würzelchen, vollkommen frei, mit abgerissenen Spitzen dem Vertrocknen durch Wind und Sonne entgegengehen. Die Erklärung des Vorganges liegt sehr nahe. Der schwere Boden hält große Quantitäten Wasser zurück; dieselben gefrieren, schießen als lange, nadelförmige Eiskrystalle an und heben dadurch die oberen Bodenschichten sammt der jungen Saat in die Höhe. Wenn ein Theil der feinen Wurzeln bereits in größere Tiefe gegangen, werden dieselben abgerissen. Bei dem nachfolgenden Aufthauen kann sich zwar der Boden setzen; die jungen Pflänzchen aber können nicht mehr zurück. Die Wiederholung des Vorganges bringt endlich obiges Resultat, und wenn man mit der Hülfe nicht schnell bei der Hand ist, namhafte Verluste zu Wege. Die Hülfe beruht hier wohl meist in der Anwendung einer schweren Walze zu einer Zeit, wo das Feld schon einigermaßen abgetrocknet ist, aber die Pflanzen durch die wenigen, im Boden befindlichen Wurzeln sich noch frisch zeigen. Durch das Andrücken einer in Bestockung begriffenen Saat erhalten die untersten Stengelknoten Schutz und Feuchtigkeit genug, um neue Adventivwurzeln zu treiben und auf diese Weise den Schaden an Befestigungs- und Ernährungsorganen wieder allmählich zu ersetzen. Namentlich bei Getreidepflanzen wird das Walzen günstig wirken, und es lassen sich bei feuchter Frühjahrswitterung aus solchen aufgezogenen Pflanzen noch kräftige Halme heranziehen.

Als Vorbeugungsmittel wird selbstverständlich die Drainage wirken. Günstig mag sich auch ein Lockern mooriger Erden durch Ueberfahren mit Sand zeigen. Kühn[1]) fand auch in dieser Beziehung die Drillkultur wirksam, indem man hierbei die Saaten behackt. Zwischen diesen entstehen dadurch „kleine Rillen, in die sich die Nässe vorzugsweise zieht, und so beobachtet man unter den angeführten Umständen in den Zwischenräumen ein Aufziehen des Bodens, während die Pflanzenreihen selbst unberührt bleiben." Hedwig[2]) empfiehlt frühe Bestellung der Saat, um möglichst reiche, recht tiefgehende Wurzeln zu erzielen und dadurch die Pflanze mehr im Boden zu befestigen.

Ekkert[3]), der sich auch zur Lösung der noch nicht sicher festgestellten Frage über die Art und Weise, wie die Pflanzen bei dem Auswintern abreißen,

---

1) Krankheiten der Kulturpflanzen 1859. S. 11.

2) cit. bei Göppert: Wärmeentwicklung ꝛc. S. 236.

3) Ekkert: Ueber Keimung, Bestockung und Bewurzelung der Getreidearten ꝛc. Inauguraldissertation, Leipzig 1874, cit. in Biedermann's Centralbl. 1875, S. 204.

mit Vorversuchen beschäftigt hat, empfiehlt zur Vermeidung des Aufziehens eine flache Saat, hauptsächlich aber die Anzucht kräftiger Pflanzen. Zur Befürwortung der flachen Saat scheint E. durch den Ausspruch des Grafen Pinto-Mettkau bewogen worden zu sein, welcher angiebt, daß nur tiefliegende Saaten aufgezogen werden und bei diesem Aufziehen an der Basis des primären Internodiums reißen, also dem nur bei tiefer Saat sich stark streckenden Stengelgliede, welches den Bestockungsknoten in die Nähe der Bodenoberfläche hebt. Die Ansicht wird auch von Breymann[1]) getheilt. Die Untersuchungen von Ekkert über die Festigkeit und Elastizität dieses untersten Stengelgliedes und der Wurzeln sprechen dafür, daß die Wurzeln bei dem Aufziehen eher reißen werden, als das Internodium. Bei der flachen Saat ergiebt sich die Möglichkeit, daß nur die Wurzeln abreißen und das flachliegende Korn also mitgehoben, der verletzten Pflanze also als möglicher Reservestoffbehälter noch erhalten bleibt. Die Beschädigung würde somit geringer und bei Nachhülfe durch eine schnellwirkende Frühjahrsdüngung leichter zu überwinden sein.

Als widerstandsfähige Art ist der Johannisroggen empfohlen worden, diese Sorte dürfte ihrer durch die frühe Aussaat bedingten großen Kräftigkeit bei Eintritt des Winters wegen die Empfehlung verdienen. Unter den Weizensorten findet sich eine russische Sorte, der Urtoba-Weizen, als besonders widerstandsfähig angegeben.

Uebrigens werden weder Sorte noch Saattiefe den Ausschlag geben, sondern wohl vorzugsweise die Beschaffenheit des Bodens dessen wasserhaltende Kraft dabei besonders in's Gewicht fällt.

Ungenügende Lockerung.

Es müssen in diesem Abschnitt eine Anzahl Erscheinungen zusammengefaßt werden, die unter einander verschieden und, wahrscheinlich durch verschiedene Umstände veranlaßt, nur das Gemeinsame haben, daß sie in Kulturländereien mit zähem Boden besonders häufig sind und durch Bodenlockerung gehoben werden können. Man muß deshalb die in einem zu bindigen Boden vorkommenden physikalischen Verhältnisse in ihrer Gesammtheit als die Veranlassung betrachten.

Die Wachsthumsstörungen, welche in einem zu festen Boden vorkommen können und einzeln oder gemeinsam sich in nassen Jahrgängen am häufigsten einstellen, sind helles bis gelbliches Laub mit schwächlichen Trieben (bei Birnen), lange, mit schlechten Basalaugen versehene, kleinblättrige Holztriebe, Unfruchtbarkeit, Absterben der Zweigspitzen horizontaler Aeste, moosige Stämme, Neigung zu Wasserreisbildung. Erschei-

[1]) Ueber das Auswintern des Weizens, des Rapses und des Rothklees. Biedermann's Centralbl. f. Agrikultur-Chemie 1881, S. 829.

nungen, welche ich nicht selbst beobachtet, werden außerdem von Ehrenfels[1]) und Duhamel[2]) noch angegeben. Ersterer beobachtete kleine Knoten an den Wurzeln, die aus wirr durcheinander laufenden Fasern gebildet, einen viel lockerern Bau als die gewöhnliche Wurzel zeigten und viel Feuchtigkeit enthielten. Duhamel sah die frischen und dicken grünen Blätter sich vom Baum lösen, die Früchte vor der Reife faulen, die Triebe unreif bleiben und im Winter zu Grunde gehen.

Meyen[3]) führt diese Krankheitserscheinungen als Wassersucht (Hydrops) auf.

Noch zu erwähnen ist endlich der Umstand, daß junge kräftige, sehr in's Holz gehende Bäume plötzlich im feuchten Boden abtrocknen und daß andere Bäume, an dieselbe Stelle gepflanzt, einige Jahre sehr gut wachsen und dann doch dem Absterben wieder verfallen. Die älteren Autoren nennen diese Erscheinung das „stille Uebel" Erstickung, Koldtyr af Quaelelse[4]) (Brand durch Erstickung) 2c.

Immer ist in Verbindung mit diesen Erscheinungen eine partielle Wurzelfäulniß zu beobachten und das charakterisirt diese Störungen, welche ähnlich wohl auf lockeren Bodenarten auftreten können, aber dann andere Ursachen haben und nicht mit Wurzelfäulniß verbunden sind.

In Rücksicht darauf, daß eine tiefe Bodenlockerung Abhülfe schafft, wird man kaum fehlgehen, wenn man für alle diese Erscheinungen Sauerstoffmangel als unmittelbare Ursache auffaßt. Derselbe kann durch verschiedene ungünstige Combinationen bedingt werden.[5])

In einem Falle kann starker Regen zur Krustenbildung der Krume führen; in einem andern Falle kann durch Ueberschwemmungen eine eisenschüssige Schicht verkitteten Sandes sich in bestimmter Tiefe einfinden, oder es kann nur dauernde regnerische Witterung die Bodenzwischenräume bis zu großer Tiefe mit Wasser erfüllen, ein Abschluß der Wurzeln vom Sauerstoff ohne Aenderung der Wassercapacität des Bodens, also verhältnißmäßig für kürzere Dauer stattfinden; es kann aber auch die Durchlässigkeit des Bodens dauernd geändert werden 2c.

---

[1]) v. Ehrenfels: Ueber die Krankheiten und Verletzungen der Frucht- und Gartenbäume. Breslau 1795. S. 75.

[2]) Duhamel du Monceau: La physique des arbres. 1758. II. S. 339.

[3]) Pflanzenpathologie. 1841. S. 323.

[4]) Fabricius: Forsøg til en Afhandling om Planternes Sygdomme. Kiobenh. 1774. cit. von Seetzen: Göttinger Dissertation. 1789.

[5]) Auszunehmen ist der von Oberdieck*) u. A. beobachtete Fall, daß in schwerem Boden auch bei großer Trockenheit die Bäume früher als auf lockerem Boden sterben. Hier wird die tiefere Austrocknung des dichten Bodens als Ursache anzusehen sein.

---

*) Oberdieck: Meine Obsternte in Jeinsen von 1877 2c. Pomologische Monatshefte v. Lucas. 1878. S. 193.

Die angeführten Krankheitserscheinungen sind also Symptome, welche die Ursache nicht direkt erkennen lassen, sondern nur die Richtung angeben, in welcher die Veranlassung zu den Störungen gesucht werden muß, die durch Erhöhung der Bodendurchlüftung gehoben werden können.

Es ist dabei auf einen nicht selten vorkommenden Irrthum hinzuweisen. Grade der Umstand, daß bei manchen Kulturen einige Jahre hindurch ein sehr gutes Gedeihen beobachtet werden kann und sich erst später Krankheitserscheinungen obiger Art einstellen, führt leicht dahin, alle anderen Ursachen eher zur Erklärung heranzuziehen, als die Aenderung der Bodenstructur.

Dennoch aber ändert sich die Durchlüftungsfähigkeit eigentlich bei jeder Bearbeitung. Ja auch die Zusammensetzung der Bodenluft kann leicht eine andere und zwar, wie bei dem Versauern der Topfgewächse hervorgehoben, unter Umständen durch Kohlensäure-Ueberschuß eine schädliche werden.

Daß die Bodenluft nicht dieselbe Zusammensetzung haben kann, wie die atmosphärische Luft, wird sofort durch den Umstand einleuchtend, daß im Boden ein steter Sauerstoffverbrauch durch die Verwesung der organischen Substanz stattfindet und daß auch eine physikalische Bindung (Absorption) von Gasen durch einzelne Bodenbestandtheile, sowie endlich auch eine Gasaufnahme durch die lebendige Wurzel vor sich gehen. Andererseits werden bei der Verwesung, bei der Keimung der Samen ꝛc. neue Gasmengen frei.

Von den in Betracht kommenden Gasarten interessiren uns für den vorliegenden Fall nur Sauerstoff und Kohlensäure, während Stickstoff und seine Wasserstoffverbindung, das Ammoniak, die daraus leicht hervorgehende Salpetersäure u. s. w. mehr bei Betrachtung der chemischen Bodeneigenschaften in's Gewicht fallen.

Als Regel wird sich festhalten lassen, daß die Bodenluft wohl stets ärmer an Sauerstoff, aber meist reicher an Kohlensäure ist.

Aber abgesehen augenblicklich von der Zusammensetzung der Luft, ist die Durchlüftungsfähigkeit des Bodens ungemein variabel durch ihre Abhängigkeit von den wechselnden Feuchtigkeits- und Luftdruckverhältnissen u. dergl. Einen Einblick in diese Abhängigkeit gewähren die Untersuchungen von Renk[1]); aus denselben ergiebt sich, was allerdings von vornherein zu erwarten, daß, wenn Luft unter gleichem Drucke durch verschieden hohe Schichten des gleichen Materials sich bewegt, so ist (bei einer Geschwindigkeit bis zu 0,062 m pro Sekunde) die ausströmende Menge derselben umgekehrt proportional der Höhe der Schichten. Auch ist die Weite der Poren von wesentlichem Einfluß auf die Größe der Permeabilität des Bodens und zwar so, daß beim Vergleiche zweier Bodenarten von verschiedener Korngröße durch gleiche Volumina mit gleichem Quer-

[1]) Aus Zeitschrift für Biologie 1879 ꝛc. cit. im Jahresbericht für Agrikulturchemie 1879, S. 38.

schnitt, unter gleichem Druck und bei ganz gleichem Porenvolumen, Luftmengen hindurchtreten, welche um das 20,000fache verschieden sind.

Für die vorliegenden Fälle gehört hierher besonders das Resultat, daß die Permeabilität durch die Bodenlockerung in um so höherem Grade vergrößert wird, je feinkörniger der Boden ist; dagegen wird die Durchlässigkeit um so mehr herabgesetzt, je mehr Wasser im Boden ist; je größer die Wassercapacität, desto größer ist die Veränderung in der Permeabilität. Letztere Eigenschaft wird auch in gefrorenem Boden vermindert, nicht nur in Folge der Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, sondern auch dadurch, daß das Wasser im gefrorenen Zustande in den Poren nicht mehr beweglich ist.

In den Möller'schen[1]) Untersuchungen zeigt sich die Verschiedenartigkeit einzelner Bodenbestandtheile in ihrem Verhalten gegenüber der Kohlensäure. Die organischen Substanzen werden hierbei ausschlaggebend, indem sie eine stete Quelle der Kohlensäure darstellen, die nur dann fast versiegt, wenn der Sauerstoff zur Oxydation fehlt. Durch die organische Substanz wird also die Luftzusammensetzung sehr wesentlich geändert werden; je reicher der Boden an solcher Substanz, desto reicher ist er durchschnittlich an Kohlensäure. In rein mineralischen Böden ist die Luft nicht viel sauerstoffärmer als die atmosphärische. Kommt dieselbe in humose Schichten, so nehmen diese nach Möller Kohlensäure auf. Quarz besitzt dagegen diese Fähigkeit nicht. Der Thon erschwert in hohem Grade den Austritt der Kohlensäure, deren Entstehung übrigens auch an einen gewissen Grad von Feuchtigkeit gebunden ist.

In absolut trocknem Boden ist die Luft nicht reicher an Kohlensäure als die atmosphärische; wird aber ein vorher trockner Boden reichlich gewässert, dann stellt sich eine rapide, vorübergehende Steigerung im Kohlensäuregehalt der Bodenluft ein. Verdunstet die Bodenfeuchtigkeit, so wird ein Theil der von ihr absorbirten Kohlensäure frei und bereichert die Bodenluft.

Kehren wir nach dieser Abschweifung über die Qualität der Bodenluft zu deren quantitativen Schwankungen zurück.

Dieselben Fragen wie Renk behandelt auch Ammon[2]) der betreffs der Einwirkung der Temperatur auf den Durchlüftungsprozeß zu dem Resultate kam, daß mit steigender Temperatur die Permeabilität des Bodens für Luft abnimmt. Einen genaueren Einblick in die verschiedene Durchlässigkeit der verschiedenen Bodenarten gestattet die folgende Tabelle. Bei 40 mm Wasserdruck und 50 cm Höhe der Schicht beobachtete Ammon in einer Stunde durchgegangenen Luft in Lit.

---

[1]) Mittheil. d. forstl. Versuchswesens in Oesterreich, cit. Jahresb. f. Agrikulturchemie 1879, S. 39.

[2]) Georg Ammon: Untersuchungen über die Permeabilität des Bodens für Luft. Forsch. a. d. Geb. d. Agrikulturphysik, 1880, Heft 3. Centralbl. v. Biederm. 1880, S. 706.

bei Lehm	(Pulver)	1,62 l.
Kaolin		2,84 l.
Humoser Kalksand		3,32 l.
Kreide		3,78 l.
Reiner Kalksand	bis 0,25 mm Korngröße	4,24 l.
Torf		5,04 l.
Quarzsand		16,80 l.
gekrümelter Lehm	0,25—0,50 mm Korngröße	30,90 l.
Quarzsand		41,04 l.
Quarzsand	0,50—1,0 mm Korngröße	92,24 l.
gekrümelter Lehm		123,75 l.
Quarzsand	1,0—2,0 mm Korngröße	287,57 l.
gekrümelter Lehm		420,16 l.

Besonders deutlich ist aus diesen Zahlen der Vortheil der Krümelung bei schwer durchlässigen Bodenarten zu ersehen. Der gekrümelte Lehm hat hier den grobkörnigsten Sandboden übertroffen; aber Lehmpulver kann schon in geringen Beimengungen zu Quarzsand die Durchlüftungsfähigkeit außerordentlich beeinträchtigen. Bei Versuchen des Verf., bei welchen in eine Sandsäule eine Lehmschicht eingefügt worden, ließ sich erkennen, daß die Dicke dieser Schicht (also im Allgemeinen des feinstkörnigen Materials) bestimmend auf die durchtretende Luftquantität einwirkt. Daß die Feuchtigkeit des Bodens hindernd auf seine Durchlässigkeit für Luft wirkt, ist bereits oben von Renk angegeben worden; indessen fand Ammon, daß eine geringe Anfeuchtung die Permeabilität erhöht, und er erklärt sich diesen Umstand durch eine unter solchen Umständen eintretende Krümelbildung des Sandes.

Auch der Wassergehalt der in den Boden eindringenden Luft wirkt bestimmend auf die Geschwindigkeit ihres Eindringens. Die bisher mitgetheilten Resultate beziehen sich auf trockene Luft; solche ist in feuchtem Boden leichter beweglich, als die feuchte Luft. Ganz besonders wichtig ist für unsere Kulturländereien die Bedeckung des Bodens. Es ist nicht gleichgültig, ob eine dichte Pflanzendecke auf dem Boden sproßt oder eine Stroh- resp. Düngerdecke das Eindringen der Luft verwehren. Letztere bieten geringeren Widerstand als die Erstere.

Die beiden angeführten Arbeiten von Renk und Ammon gestatten einen genügenden Einblick in die Hindernisse, die einerseits die verschiedenen Bodenarten und andererseits bei derselben Bodenart, die vorhandene Structur ꝛc. der Luftcirculation entgegenstellen. Von diesen Hindernissen wird auch die Zusammensetzung der Bodenluft abhängen; denn es ist einleuchtend, da die beiden hier in Betracht kommenden Hauptfaktoren der Bodenluft im Wesentlichen zwei verschiedenen Quellen entstammen (Sauerstoff der Atmosphäre, Kohlensäure dem Boden), daß

sich in vielen Beziehungen ein Antagonismus herausstellen wird, indem die Bedingungen, welche den Kohlensäurereichthum begünstigen, der Sauerstoffzufuhr hindernd in den Weg treten.

Die Stärke der Bodenventilation muß daher in der Zusammensetzung der Luft ihren Ausdruck finden, und diese Luftzusammensetzung wird sich durch die Messung des einen Faktors, der Kohlensäure, schon annähernd beurtheilen lassen.

Nach Salger (cit. Jahresbericht für Agrikulturchemie, 1880, S. 25) erscheinen die tieferen Bodenschichten reicher an Kohlensäure als die oberflächlichen. Vorausgesetzt ist eine gleiche Vertheilung der organischen Substanz, der Hauptquelle für Kohlensäure, im Boden. Je schneller ein Luftwechsel stattfinden kann, desto geringer wird die Anhäufung der Kohlensäure sein; dies zeigen die Versuchsergebnisse, welche nachweisen, daß die Kohlensäuremenge in den oberen Schichten durch die Ventilation um ein Bedeutendes verringert wird.

Wenn auch alle Beobachter darin mit einander übereinstimmen, daß der Reichthum an organischer Substanz ausschlaggebend auf die Menge der im Boden sich entwickelnden Kohlensäure ist, so ist dies aber nur so lange der Fall, als Sauerstoff aus der Atmosphäre genügenden Zutritt hat. Fehlt derselbe, so hört zwar die Bildung der Kohlensäure nicht gänzlich auf (nach Wollny, Versuchsstationen, 1880, S. 373 ff.), wird aber sehr herabgedrückt und wahrscheinlich nur noch, wie Schlösing vermuthet, auf Kosten des in der organischen Substanz vorhandenen oder durch die Reduktion von Mineralbestandtheilen disponiblen Sauerstoffs langsam weiter geführt. In rein mineralischen Böden ist, wie erwähnt, die Luft nicht viel sauerstoffärmer als die atmosphärische. Mit dem Wassergehalte des Bodens steigt die Kohlensäuremenge, so lange die Menge der von den Poren eingeschlossenen Luft nicht eine solche Veränderung erleidet, daß der Zerfall der organischen Stoffe wegen Sauerstoffmangel beeinträchtigt wird.[1]) Ebenso veranlaßt die Erhöhung der Temperatur bis zu einer gewissen Grenze eine Steigerung des Kohlensäuregehaltes, der auch mit der Feinheit der Bodenpartikelchen zunimmt. Im krümeligen Zustande ist der Boden bedeutend ärmer an Kohlensäure als im pulverförmigen, und ebenso nimmt der Gehalt zu, wenn der Ackerboden in einen dichteren Zustand versetzt wird. Temperatur und Bodenfeuchtigkeit müssen sich zu einer Gesammtwirkung vereinigen. Der Einfluß der Temperatur kann unter Umständen beeinträchtigt oder aufgehoben werden, wenn nicht genügende Mengen von Wasser im Boden enthalten sind; umgekehrt läßt sich die Abhängigkeit der Kohlensäureproduktion von der Bodenfeuchtigkeit nicht beobachten, wenn die Temperatur eine niedrige ist.

---

[1]) Wollny: Untersuchungen über den Einfluß der physikalischen Eigenschaften des Bodens auf dessen Gehalt an freier Kohlensäure. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik, 1881, Heft 4.

Die Wichtigkeit dieser Ergebnisse kommt uns erst zum Bewußtsein, wenn wir an die Rolle erinnert werden, welche neben den mechanischen Bewegungen des Wassers und Eises und neben den Temperaturschwankungen die chemische Wirkung von Luft und Wasser im Boden spielen. Letzteren ist die Hauptarbeit bei der Verwitterung der den Boden darstellenden Gesteinstrümmer vorbehalten. Das destillirte Wasser würde aus dem Acker schon eine beträchtliche Menge löslicher Stoffe aufnehmen und mit sich fortbewegen resp. bei seiner Verdunstung absetzen. Wir haben in den Bodenzwischenräumen aber kein destillirtes Wasser, sondern ein mit Salzen schwach beladenes, meist Kohlensäure führendes Wasser. Diese aber ist es, welche Wasser fähig macht, Verbindungen löslich zu machen, die es in reinem Wasser gar nicht sind; hierher gehören die kohlensauren Salze des Kalkes, der Magnesia, des Eisenoxydduls, sowie des Manganoxyduls. Der einfach kohlensaure Kalk wird in doppelt kohlensauren umgewandelt, wie in dem Kapitel über das Versauern der Topfgewächse eingehender besprochen ist. Ebenso werden die phosphorsauren Kalk- und Magnesiasalze durch die Kohlensäure im Wasser löslich; in gleicher Weise das phosphorsaure und kieselsaure Eisenoxyd, kieselsaures Eisenoxydul und die Verbindungen von Kali, Natron, Kalk und Magnesia mit der Kieselsäure.

Wie die im Wasser gelöste, wirkt auch die Kohlensäure der Luft in Gemeinschaft mit dem Sauerstoff. Dieser führt die Eisen- und Manganoxydule in Oxyde über, welche mehr Raum einnehmen als die Oxydule und auf diese Weise die Mineralien zerklüften helfen, indem sie sich Raum schaffen. Der im Boden vorkommende gelbe oder bräunliche Eisenkies (Schwefelkies FeS^2) wird unter dem Einfluß der Luft bei Zutritt von Wasser zu Eisenvitriol, schwefelsaurem Eisenoxydul, $FeSO^4 + 7H^2O$, und freier Schwefelsäure verwandelt. Sobald sich diese Produkte nun in Wasser lösen, wandeln sie den kohlensauren Kalk in Gyps, das Kochsalz in Glaubersalz, die Magnesia aus dem Eisenoxydul führenden, unfruchtbaren Braunspath (Dolomit) in Bittersalz, den unlöslichen, dreibasisch phosphorsauren Kalk in den löslichen phosphorsauren Kalk, den Thon in schwefelsaure Thonerde und Kieselsäure um.

So greifen die Umsetzungsprodukte immer weiter in einander und geben immer mehr für die Pflanze aufnehmbare Verbindungen.

Die dem Praktiker so unverwüstlich erscheinenden, kieselsauren Salze (Silikate) widerstehen der Kohlensäure nicht. Denken wir nur an jene Granite, deren ausgenagte Oberfläche unter dem Druck des Fingers zerbröckelt. Dieser Zustand, bei welchem die widerstandsfähigeren Quarz- und Glimmerstückchen aus der zu Thon bereits zerfallenen Feldspathmasse herausragen, wird dadurch eingeleitet, daß die Kohlensäure aus dem Feldspath zunächst das Kali oder Natron freimacht. Indem das mit Kohlensäure beladene Wasser aus den Silikaten die Monoxyde (Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Eisenoxydul) löst und sich mit ihnen verbindet, macht es etwas Thonerdehydrat, das sich mit Kohlen-

säure nur schwer verbindet und, wenn auch immer nur in minimalen Mengen, auch Kieselsäure frei. Aus dem Kalifeldspath (Orthoklas $K^2O \,.\, 3SiO^2 + Al^2O^3 \,.\, 3SiO^2$) stammt denn auch ein großer Theil des für unsere Pflanzen unentbehrlichen Kali's.

Freilich bleiben die Monoxyde und auch wohl die Sesquioxyde (Eisenoxyd, Thonerde) nicht lange an Ort und Stelle. Der Regen nimmt sie auf und führt sie weiter, bis schließlich die mürbe, fein zertheilte Masse nur das kaum mehr veränderliche Bodenskelett, den Quarz als feinen Sand und Silikate enthält. Auch die langsamer bewegliche, kieselsaure Thonerde, der Thon, wird weiter geschlämmt oder aber zur gefährlichen Krustenbildung zunächst verwendet. Wenn die sogenannten Schlagregen einfallen und sich in der Ackerfläche die vielfach gewundenen Rinnsale bilden, die sich in den Furchen zu größeren Wasserfäden vereinigen, dann sieht man, wie schnell die Verwitterungsprodukte sich fortbewegen. Die abfließenden Wasser sind trübe von den aufgeschlämmten feinsten Bodenpartikelchen, von denen die feinen Quarzkörner, die sich am Rande des Wasserlaufes niedergeschlagen haben, nach dem Verlaufen der Wasser den wesentlichsten Rest darstellen, der am Schlusse des Verwitterungs- und Verwesungsvorganges von der Ackererde noch übrig bleibt. Ein Theil der wichtigen gelösten Stoffe wandert aber nicht blos horizontal weiter, sondern auch vertical abwärts in die Region der Pflanzenwurzel. So kann das oben ausgelaugte Kali in die tieferen Bodenlagen gelangen und wird dort vom Thon festgehalten ꝛc.

Wir sehen aus den kurzen Andeutungen, wie durch die Einwirkung von Sauerstoff und Kohlensäure das mineralische Nährstoffkapital durch die Verwitterung mobilisirt wird. Von den Erscheinungen, die der Humus durch den Einfluß der Durchlüftung aufweist, wie seine erhöhte Fähigkeit, Stickstoff aus der Atmosphäre aufzunehmen und zu Ammoniak umzuwandeln, soll hier nicht gesprochen werden. Diese Bereicherung des Bodens an aufnehmbaren Nährstoffen wird nun in dem Grade spärlicher, als der Durchlüftungsprozeß des Bodens eingeschränkt wird. Somit kann Nährstoffmangel eintreten, der in Verbindung mit dem direkten Sauerstoffmangel für die Wurzel die Ursache jener am Anfange des Kapitels erwähnten Krankheitserscheinungen sein dürfte. So scheint mir, daß das

Gelbwerden der Blätter,

das ein bei außerordentlich vielen Krankheiten auftretendes Symptom ist, in dem Falle, daß es durch Bodenlockerung und Düngung gehoben wird, auf mangelhafte Aufnahme-Thätigkeit des Gesammtwurzelapparates in Folge von Sauerstoffmangel zurückzuführen sein möchte; ebenso möchte die Produktion schwacher Zweige bei sonst starkwüchsigen Bäumen hieraus erklärbar werden, da man den Wurzelkörper vielfach nicht derartig stark von Fäulniß angegriffen

findet, daß man an Beschränkung der Nährstoffaufnahme in Folge mangelnder Aufnahmeorgane glauben möchte.

Ein hierher gehöriges Beispiel liefern Mach und Kürmann.[1]) Die verhältnißmäßig niedrige Temperatur und die große Feuchtigkeit des Jahres 1876 brachten in den Weinbergen Südtyrols vielfach das Gelbwerden der Weinblätter hervor. Von dicht nebeneinanderstehenden Stöcken ergab die Analyse einen Wassergehalt der gelben Blätter von 77,97 %, der halbgelben von 76,99 % und der grünen von 73,17 %. An organischer Substanz und in dieser an Stickstoff besaßen die grünen Blätter einen größeren Procentsatz der Trockensubstanz, an Asche dagegen einen bedeutend geringeren. In der Asche der gelben Blätter zeigten sich sechsmal soviel in Salzsäure unlösliche Mineralbestandtheile als in derjenigen des grünen Laubes, dagegen war der Kaligehalt in den kranken Blättern geringer. Kieselsäure besaßen die gelben Blätter 23,4 % gegen 1,65 % von der Trockensubstanz bei den grünen Blättern.

Begießen mit Eisenvitriol war ohne Erfolg; dagegen wirkte Stalljauche entschieden günstig.

Aus den Analysen ergiebt sich ebenso wie aus früheren von E. Schulze ausgeführten ein inniger Zusammenhang zwischen dem Kaligehalt und der Bildung organischer Substanz im Blatte. Diese Gelbsucht trat nur an solchen Stellen auf, deren Boden mit Wasser übersättigt war, namentlich auch an alten, lange Zeit nicht gedüngten Rebpflanzungen.

Dagegen erkläre ich mir das Auftreten

langer, schlechtbeblätterter Triebe

aus einer anderen Eigenschaft des zu bündigen Bodens. Man bemerkt in den Baumschulen, daß die schweren Bodenarten den Trieb im Herbste bis in den Winter hinein in Thätigkeit erhalten. Namentlich Aepfel schließen bisweilen ihre Triebe gar nicht durch eine Endknospe ab, sondern hören bei dem Eintritt des Frostes einfach zu wachsen auf. Man findet dann Zweige mit halb ausgebildeten Blättern an der Spitze, einem großen Markkörper, geringer Holzzone und verhältnißmäßig geringem Stärkevorrath.

Wenn diese Zweige ohne Frostbeschädigung durch den Winter kommen, erwacht bei dem durch die Winterfeuchtigkeit stark wasserhaltigen Boden die Vegetation zwar spät, macht sich aber sofort in der Weise geltend, daß der Trieb lang gestreckt, d. h. mit langen Internodien hervorwächst. Bei dem geringen Vorrath an Reservematerial und der schnellen Streckung werden die Blätter kleiner und, was die Hauptsache, auch die Knospen in den Achseln der Blätter schwach angelegt. Erst allmählich, wenn bei der zunehmenden Sommerhitze und abnehmenden Bodenfeuchtigkeit der Trieb gemäßigt und der

[1]) Mach und Kürmann: Ueber die Gelbsucht der Reben, Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie, 1877, S. 58.

Blattkörper durch die Arbeit der vorhergehenden Blätter kräftiger angelegt wird, erscheinen die Knospen von normaler Ausbildung.

Sobald an den im vergangenen Jahre entstandenen Zweigen sich im zweiten Jahre die Augen entwickeln sollen, bleiben die so schwach angelegten der erstgebildeten, basalen Internodien in Ruhe, und erst die nahe der Spitze des vorjährigen Sommertriebes entstandenen, kräftigeren Knospen werden nun zu Trieben.

Wenn dieser Vorgang sich wiederholt, erhält der Fruchtbaum einen ruthenförmigen Habitus und bleibt auf weite Entfernung von der Hauptachse ungarnirt, während man gerade durch den Schnitt darauf hinzuwirken sucht, die Basalaugen an den Zweigen zur Entwickelung zu bringen. Wenn sich die Basalaugen entwickeln, so werden sie in der Regel zu Stauchlingen und zeigen leicht eine Neigung zur Fruchtholzbildung. Dieser Neigung wirkt der schwere, nasse Thonboden entgegen. Rechtzeitiges Pinciren (Abzwicken der Zweigspitzen) der diesjährigen Triebe scheint mir das einzige Mittel neben der Bodenlockerung zu sein. Ein rechtzeitiges Pincement würde für den gegebenen Fall zur Folge haben, daß die Basalaugen der Zweige noch zum Anschwellen, aber nicht zum Austreiben kommen.

Das Moos auf den Stämmen.

Schwere, wasserreiche, schlecht durchlüftete Böden oder auch schwache, lockere Krume mit undurchlassendem Untergrunde in Terrainsenkungen, kurzum solche Verhältnisse, in denen der Boden durch Wasser lange verschlossen ist, begünstigen bei den Bäumen die Ausbreitung von Flechten und die stärkere Ansiedlung von Moospolstern. Auf demselben Terrain sind die einzelnen Baumarten diesem Uebelstande in verschiedenem Maße ausgesetzt. Dieses verschiedenartige Verhalten beruht auf einer specifischen Wachsthumsverschiedenheit und nicht etwa auf localen Abänderungen der Bodenzusammensetzung. Den Beweis sehe ich in einer an Fraxinus gemachten Beobachtung; auf Fr. excelsior war eine andere Species veredelt; der Edelstamm mit seiner rissigeren Rinde war reich bedeckt mit ausgebreiteten Krusten der Parmelia, sowie mit Moospolstern. Die Unterlage dagegen, welche deutlich durch die hellgraue, glattere Rinde von dem aufgesetzten Edelreise abstach, war zwar nicht flechtenfrei, aber auffallend flechtenarm.

Die Vermoosung erreicht ihren höchsten Grad, wenn zu der geschlossenen Bodenbeschaffenheit auch noch feuchte Luft und geschlossene Lage hinzukommen.

Eine experimentelle Erklärung fehlt vorläufig noch; die folgenden Erörterungen haben also nur den Werth der Hypothese.

Bei zweijährigen Zweigen von Apfelbäumen ließ sich beobachten, daß die im vorhergegangenen Jahre angesiedelten Parmeliapolster mit den feinen, aus mehreren Mycelfäden bestehenden Ausstrahlungen ihres Thallus die Korkzelllagen des Zweiges schuppig in die Höhe hoben und sich zwischen den einzelnen

Zelllagen der Korkschicht, sowie auch unterhalb derselben hinschoben. Man ersieht daraus, daß der Flechtenthallus im Stande ist, die schützende Korklage des Zweiges zu durchbrechen. Es bleibt dahin gestellt, ob die Mycelfäden die Korkschichten an einer unverletzten Stelle durchbohren und sich dann horizontal weiter schieben oder ob sie, was mir wahrscheinlicher ist, von den vorhandenen sehr kleinen, anfangs nur einige Korkzellen sprengenden Querrissen, welche sich am Zweige einstellen, Nutzen ziehen und sich von dort aus zwischen die Korklagen hineindrängen und dieselben stückweise abblättern. Selbst wenn der erstere Fall eintreten sollte, wird die Benutzung der wahrscheinlich durch zunehmende Spannung ganz regelmäßig entstehenden mikroskopischen Risse von Seite des Flechtenmycels oft stattfinden. Man ersieht dies auch aus dem Umstande, daß man nicht selten unter den abgehobenen Korklamellen nur die grünen Algenformen des Flechtenthallus reihenweis eingeschoben findet.

Es ist daher leicht einzusehen, daß bei günstigen atmosphärischen Vermehrungsbedingungen für den Flechtenthallus eine weitere Begünstigung für seine Ausbreitung von dem Baume selbst geliefert wird, wenn recht viele Risse die äußeren Zelllagen der Korkschicht der Zweige zerklüften. Da nun andererseits viele Beispiele existiren, daß Rindengewebewucherungen bei Wasserüberschuß eintreten und bei den Bäumen auf nassem Boden derartige wasserreiche Gewebe vorauszusetzen sind, so wird man schließen können, daß bei Bäumen auf solchem Boden sich am meisten solche Spannungsverhältnisse entwickeln, welche ein Sprengen der Korkzelllagen veranlassen. Damit wäre gesagt, daß sich die Flechten um so zahlreicher ansiedeln, je rissiger die Zweigoberfläche wird, und daß diese Risse um so schneller und zahlreicher auftreten, je feuchteren Standort die Bäume haben.

Bevor wir die etwa gegen diesen Uebelstand zu ergreifenden Maßregeln in's Auge fassen, muß eine weitere Krankheitserscheinung auf schwerem, undurchlassendem Boden besprochen werden; es ist dies die

Lohkrankheit.

Dieselbe besteht in einer erhöhten Ausbildung des bei dem Vermoosen der Stämme beschriebenen Vorganges des Sprengens der Korkhülle der Zweige und der Ansiedlung von Flechten. Dieser höhere Grad der Begünstigung für Ansiedlung schädlicher Organismen macht sich in dem Entstehen flacher Schwielen aus der jüngsten unter den hier schon vorhandenen Borkenschuppen liegenden Korkzelllagen kenntlich. Während die älteren Korklagen eine graue Farbe besitzen, zeichnen sich die jüngeren, bei dem Abblättern der Borkenschuppen auf der grünen Rinde verbleibenden Korklagen durch ihre hellbräunlich-graue Färbung und verhältnißmäßig glatte Oberfläche aus. Ueber diese glatte Oberfläche erheben sich unregelmäßig gestaltete, breite Schwielen von noch hellerer Farbe. Dieselben zeigen auf dem Querschnitt sich aus dichtstehenden, radialgestreckten Korkzellen gebildet,

die bei dem Eindruck des Fingernagels sich wie schwammige Polster verhalten. Die Korkpolster vermodern sehr leicht; ihre pulverigen Rückstände werden bei anhaltender Nässe leicht schmierig und auf diese Weise besonders günstige Ansiedlungspunkte für Parasiten.

Künstlich konnte ich bei Kirschen ähnliche Korkwucherungen dadurch hervorrufen, daß ich Stämme, welche im Juli geschält waren und angefangen hatten, neue Rinde auf dem nackten Holzkörper zu produziren (s. „Schälwunden"), in Glascylinder einschloß und den Cylinder mit Nährstofflösung füllte. Der Einfluß des Wassers hatte nebst andern Erscheinungen übermäßig gesteigerter Turgescenz auch Korkwucherungen aus fächerig radial gereihten Korkzellen hervorgerufen. Ich glaube somit, auch die bei der Lohkrankheit vorkommenden Korkpolster, die mir bisher nur von Apfel- und Birnbäumen bekannt, auf Wasserreichthum im Gewebe zurückführen zu müssen.

Nächst dieser Begünstigung der Ansiedlungen von Flechten und Moos ist aber auch eine Begünstigung für die Ausbreitung einer andern Beschädigung, namentlich bei Stämmen auf schwerem undurchlassenden Boden vorhanden. Dieselbe besteht in dem längern Verbleib der Borkenschuppen an den Stämmen. Grade in feuchten Lagen zeigen die sich selbst überlassenen Bäume eine recht tief gefurchte Borke; die tiefe Furchung ist nur dadurch erklärbar, daß die alten Gewebepartthien der Borkenschuppen weniger leicht abgestoßen werden, wie an trocknen Standorten, bei denen die geringere Ausbildung der Feuchtigkeit speichernden Moospolster, sowie der Feuchtigkeit aus der Luft in hohem Maaße anziehenden Flechtencolonien (Pringsheim's Jahrb. 1860, S. 459) größere Differenzen im Wassergehalt und in der Temperatur der Borke zuläßt. Bei dem längeren Verbleib der todten Rindenschuppen am Baume vermodern allmählich die alten Gewebe; es sammelt sich in der pulverigen Masse Feuchtigkeit an, wodurch bisweilen ein dunkel gefärbter, humusartiger Brei entsteht, unter welchem die gesunden Rindenparthien, wahrscheinlich durch Einwirkung freier Säuren ebenfalls der Zersetzung anheimfallen können.

Gegen diese Uebelstände wird in doppelter Weise anzukämpfen sein. Man wird einerseits direkt auf den bemoosten Stamm einwirken, um die Ansiedlungen der Flechten und Moose zu entfernen, andererseits den Boden zu verbessern suchen, um einer Wiederbemoosung vorzubeugen. Zum Abkratzen des Mooses und der alten Borkenschuppen sind besondere Instrumente aus Eisen (Rindenscharren) construirt worden und bei den Baumzüchtern auch mehrfach in Anwendung. Es ist bei Anwendung des Instrumentes nur die Vorsicht zu beobachten, mit dem Abkratzen nicht bis tief in die grüne Rinde zu kommen, da der Baum zu empfindlich wird. Die Vernichtung der in den moderigen Zersetzungsprodukten gern nistenden Thiere erfolgt auch schon bei geringerem Fortnehmen der Schuppen, sobald ein Kalkanstrich auf die Prozedur der Rindenreinigung folgt. Die Ausführung darf als allseitig bekannt vorausgesetzt werden.

Anstatt des Kalkanstriches ist auch ein Abwaschen mit Lauge (1 Pfd. Pottasche auf 30 Pfd. Wasser), mit Holzaschenaufguß u. dgl. empfohlen worden. Statt eines Kratzeisens sind auch Drahtbürsten eingeführt worden. Es kommt hierbei weder auf bestimmte Instrumente, noch auf spezifische Mittel zur Waschung an, und es bleibt dem Einzelnen für die Wahl der Mittel großer Spielraum. Zu verwenden wird jedes Instrument sein, das die Borke gleichmäßig ohne Verletzung des lebendigen Rindengewebes entfernt, und als Waschmittel wird jede billige Flüssigkeit dienen, welche nicht tief eindringt und im Stande ist, etwaige freie Säuren zu binden. Kalk wird auch wegen seiner schnellen Zersetzung der humosen Stoffe auf der Rinde sich sehr empfehlen.

Die Ringelkrankheit der Rothbuche.

Nach der Schilderung, welche Th. Hartig[1]) giebt, ist die in der Ueberschrift genannte Krankheit, die ich aus eigner Anschauung nicht kenne, hierher zu ziehen.

In einem Buchenorte von 20jährigem Alter sah H. viele Stangen von 1—2 m über dem Boden an bis zum Gipfel in Abständen von 30—100 cm mit einem fast ringförmigen, etwas spiralig auseinanderlaufenden Wulste von der Dicke einer Federspule umgeben. Diese Wülste erwiesen sich als Ueberwallungserscheinungen von Wunden, welche ursprünglich durch Lenticellenwucherung veranlaßt worden waren. Diese Korkbildung hatte rückwärts immer tiefer in die Rinde hinein um sich gegriffen, bis sie den Holzkörper erreicht hatte. Dadurch war für 1—2 Jahre die Holzbildung an diesen Stellen vollständig unterbrochen worden. Der Prozeß hätte somit die größte Aehnlichkeit mit der später zu erwähnenden Schorfbildung der Kartoffeln. Ein erkennbarer Schaden der Krankheit, welche nur in sehr gutwüchsigen Stangenorten und dort wieder besonders an Stämmen erster und zweiter Klasse aufgetreten, ließ sich nicht constatiren.

Versumpfung.

Die extremste Schädigung der Kulturländereien in Folge ungünstiger physikalischer Bodenbeschaffenheit, und zwar zu großer Undurchlässigkeit, besteht in dem Versumpfen. Die Sumpfbildung setzt voraus, daß eine gänzlich undurchlässige Bodenschicht sich vorfindet, die den vertikalen Abfluß verhindert; außerdem muß auch der horizontale Abfluß wenig oder gar nicht stattfinden. Dieselbe kann bei Besitzergreifung des Landes durch die Kultur bereits gegeben sein oder sich später erst bilden. Die Prozesse, die sich an der organischen Substanz bei der Versumpfung einleiten, sind als Vermoderung, also als Zersetzung bei beschränkter oder aufgehobener Sauerstoffzufuhr zu bezeichnen; es sind überall

---

[1]) Th. Hartig: Vollständige Naturgeschichte d. forstl. Kulturpflanzen. Berlin 1852, S. 211.

gleichsinnig wenn auch nicht überall mit demselben Resultate, verlaufende Prozesse, die am Boden der Gewässer, im Untergrunde schwerer Ackerböden, in Mooren und Brüchen, Torf- und Braunkohlenlagern sich abspielen. Die Schäden der Versumpfung kommen beim Gartenbau kaum vor und sind bei dem Ackerbau meist bald gehoben, dagegen bei den Forstkulturen ein Faktor, mit dem ernstlich zu rechnen ist. Im Walde erzeugt nicht selten die Vernässung je nach den ursächlichen verschiedenen Bodenverhältnissen bald lockeren Stand durch vielen Windbruch, weil die Bäume durch die undurchlässige Bodenschicht mit ihren Wurzeln nicht hindurch können, bald durchgängig **krüppelhaften Wuchs**, der meist auf die **Wurzel- und Stammfäule** zurückzuführen ist.

Es kommt ferner (nach **Hartig**) auch eine erhöhte Frostgefahr in solchen sumpfigen Bodenlagen vor, ganz abgesehen von der Erschwerung, die jede Kulturarbeit an solchen Oertlichkeiten erfährt. Es bleibt hierbei nichts anderes übrig, wenn eine Trockenlegung zur Zeit nicht in Aussicht genommen werden kann, als daß man die Holzarten wählt, welche erfahrungsgemäß Bodennässe am besten vertragen. An Orten, wo nicht eine bestimmte Bewirthschaftung die Bestände regelt, finden sich im Laufe der Jahre durch die größere Widerstandsfähigkeit im Kampfe um's Dasein von selbst die entsprechenden Holzarten ein. Es ist ungefähr dasselbe, wie das allmählige Platzgreifen frostharter Holzarten (Hainbuche, Birke, Zitterpappel) in Frostlöchern. Am besten verträgt die Rotherle eine stagnirende Nässe; außerdem sieht man Schwarz- und Silberpappel, sowie die meisten Weiden und die Ruchbirke auf nassem Boden gedeihen. Manchmal findet man auch Eschen; dieselben haben aber dann ganz moosbesetzte Stämme und krebsartige Geschwürstellen.

Um den Schäden der Versumpfung zu begegnen, wird man die Ursache genau feststellen müssen. Bisweilen ist es nur Mangel an Luftzug und dann kann eine theilweise Befreiung des Landes vom Baumwuchs durch Entfernung von Unterholz und unteren Aesten der Bäume, Durchforstung 2c. schon helfen. Manchmal bei geringer Versumpfung, und zwar besonders im Gebirge, dürfte durch Bepflanzung mit Nadelhölzern (Fichte) abgeholfen werden können; es sind dies solche Fälle, in denen eine vermehrte, verdunstende Oberfläche genügt, um Wasseransammlungen im Boden zu vermeiden. Durch Heranwachsen der Bäume und deren dichten Schluß wird nicht nur die verdunstende Oberfläche immer größer, sondern es kann durch das dichte Laubdach auch immer weniger Wasser auf den Boden hinab.

Das radicalste Mittel wäre freilich die Entwässerung durch Drainage oder Gräben; aber diese Einrichtungen verbieten sich unter Umständen, da sie stellenweise größere Nachtheile wie Vortheile bringen. Dies ist vorzugsweise in Gebirgsforsten der Fall, wo leicht die Erniedrigung des Wasserstandes eines Bezirkes weitgreifendere Folgen für die Umgebung hat, und Strecken, namentlich Hänge mit starkem Baumwuchs trockner gelegt werden, die keinen Ueberschuß

Samen veranlaßt. Ein kalter Standort für die junge Pflanze wirkt doppelt störend, da er eine Verzögerung der Ausbildung grade in einer für die ganze spätere Pflanze maßgebenden Entwicklungsphase hervorruft. Die Bewurzelung wird dürftig, das Aussehen siech, und spätere günstige Temperaturverhältnisse vermögen den Schaden nicht mehr auszubessern.

Andere mit Zahlenbelägen vorliegende, ältere Studien rühren von Stöckhardt her.[1]) Als Beispiel mag einer der mit Winterroggen im Jahre 1863 ausgeführten Versuche dienen. Die Versuchsparzellen unterscheiden sich durch Drainage und Bodenlockerung. Eine Parzelle war durch etwa 2,5 cm weite Drains in geringer Tiefe durchzogen und zwar derart, daß an einem Ende des Stranges die knieförmig gebogene Röhre schornsteinartig nach der Bodenoberfläche mündete. Diese, sowie eine zweite Parzelle ohne Drains waren 50 cm tief gelockert, während eine dritte nur 25 cm tief gegraben und nicht drainirt war. In Bestätigung früherer, mit Lupinen, Hafer u. dgl. erhaltener Resultate ergab die Ernte, obgleich die jungen Pflanzen bis zum Frühjahr keine Unterschiede zeigten, ein erhebliches Plus auf der drainirten Parzelle. Pro Morgen berechnet, betrug die Ernte

	Körner kg	Stroh und Spreu kg	In Summa kg
Parz. I drainirt und 50 cm tief umgegraben	539	1470	2009
„ II undrainirt, 50 cm tief gegraben	411	928,5	1339,5
„ III undrainirt, 25 cm tief gegraben	338	859,5	1197,5

	Körnergewicht pro Scheffel kg	Stickstoffgehalt der Körner %
Parzelle I	40,80	2,18
„ II	39,85	1,83
„ III	37,70	1,83

Ueber den Nutzen der Drainage zur Entfernung von Eisen aus Neubrüchen spricht sich Pätz[2]) in einer wohl Beachtung verdienenden Weise aus. Gewöhnlich, sagt er, findet man das Eisen unmittelbar unter der Ackerkrume und zwar in der Höhe des gewöhnlichen Grundwasserstandes. Das Grundwasser bringt das Eisen mit nach oben und verkittet in vielen Fällen in der gewöhnlichen Höhe des Grundwasserstandes die Sandkörnchen am Boden derart, daß man sehr oft bei Ausführung einer Drainage einen harten, steinähnlichen, rothen Boden findet. Durch Herstellung einer richtig systematisch angelegten Drainage, wobei die Horizontalen von den Saugdrains rechtwinklig durchschnitten, die letzteren mindestens eine Tiefe von 1,2 m haben und die

---

[1]) Chemische Ackersmann, 1859, S. 232; 1861, S. 100; 1864, S. 22.

[2]) Hannover'sche landw. Zeit., 1880, Nr. 45, cit. Biederm. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1880, S. 911.

Entfernung zwischen je 2 Drains um das Zehnfache der Tiefe angenommen ist, wird der Grundwasserstand bis zur Tiefe der Drains niedriger gestellt und dem Boden oberhalb der Stränge kein Eisen mehr zugeführt. Das bereits vorhandene Eisen wird durch die atmosphärischen Niederschläge gelöst und den Drainsträngen zugeführt, oder es verbleibt dem Boden als unschädliches Oxyd.

Da, wo es sich nicht um die Fortschaffung überflüssigen Wassers handelt, wird statt der Drainage das Rigolen und Tiefpflügen oft am Platze sein. Dabei wird dann Vorsicht geboten erscheinen, wenn auf eine fruchtbare Ackerkrume eine durch das Rigolen oder Pflügen an die Oberfläche zu bringender todter Untergrund in Aussicht steht. Außer jedesmaliger Düngung darf dann nur allmähliches Vertiefen der Krume im Laufe mehrerer Jahre stattfinden. Da mit einer Vertiefung der Krume die Erweiterung des Wurzelnetzes jeder Pflanze und demgemäß die Erhöhung der Ernte eintritt, also auch eine größere Ausnutzung des Bodens stattfindet, so ist eine zunehmende Düngerzufuhr mit der zunehmenden Bodenlockerung geboten.

Bei den zur Krustenbildung geneigten, sonst physikalisch nicht ungünstig gebauten Böden genügt zur Erhöhung der Bodenventilation das Hacken und Behäufeln. Diese dem Landwirth und Gärtner kaum genug zu empfehlende Manipulation, die auf jedem Boden Verwendung unter Umständen finden kann, hat ihren Hauptvortheil in der Regulirung der Bodenfeuchtigkeit.

Es wird daher diese Bearbeitungsweise bei den Mitteln gegen Wassermangel eingehender besprochen werden. Ebenso verhält es sich mit dem Bedecken der Krume durch Streumaterialien, welche dadurch, daß sie den Schlag der Regentropfen auffangen und das Wasser nur leitend der Bodenoberfläche mittheilen, das Zusammenschlagen der Bodentheilchen verhüten und in Folge dessen die Krume lockerer halten.

Ueber das Bedecken der Baumschulbeete, das in wasserarmen Gegenden ganz besonders nothwendig, lassen sich die Erfahrungen in folgende Sätze zusammenfassen. Die Bedeckung wirkt durch Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit, die nicht mit demselben Vortheil durch öfteres Begießen gewahrt wird. Durch Gießen, selbst wenn es nicht so theuer wäre, wird der Boden schnell hart und muß gelockert werden. Man erzielt ferner durch die Bedeckung eine Gleichmäßigkeit der Temperatur, da die Streudecke schnelle Erwärmung und plötzliche Abkühlung des Bodens verhindert, aber selbst daran theilnimmt und durch den entstehenden Thau die Bodengahre bedeutend fördert. Außerdem ist das Verwesen der Streudecke eine stete Kohlensäurequelle; ferner keimt die Saat auch gleichmäßiger auf bedeckten Beeten. Das Unkraut wuchert nicht so stark und kann, da es oberflächlicher im lockerern Boden wurzelt, leichter und vollständiger vertilgt werden.

In dem porösen Material der Decke erzeugen die starken Luftschwankungen zwischen Tag und Nacht starke Thaubildung; der abfließende Thau kommt dem

darunter liegenden Boden zu Gute. Benutzt man Lohe in 1—1½ Zoll Höhe, so bietet dieselbe im Winter den Saatbeeten eine Decke und im Frühjahr Schutz vor dem Eindringen der Fröste und vor dem Zerklüften des Bodens.

Bei Samen- und kleinen Pflanzbeeten wird man gut thun, im Juni oder Juli zu begießen. Im August wird behackt, und wenn die Lohe zu tief unter die Erde kommen sollte, werden nachher die Blößen mit neuer Lohe bedeckt. Gegen die unvermeidlichen Maikäfer helfen Lockhaufen aus aufgeschichteter, sich erwärmender, feuchter Lohe. In diese Haufen legen die Maikäfer ihre Eier, und diese Haufen werden mit einem Theil der darunter liegenden Erde auf den Wagen geladen und mit Braunkohlenasche, Kalk, Gips und Abfällen zu einem Composthaufen verarbeitet, der nach 1—2 Jahren auch die Engerlinge zum Absterben bringt. Ein Verfahren, das schließlich hier noch Erwähnung finden dürfte, ist das Aufeggen der Wiesen, über welches Anderegg[1]) sehr beachtenswerthe Ergebnisse mittheilt. Eine Wiese von gleichmäßiger Bodenbeschaffenheit und Benarbung wurde in 4 gleich große Parzellen getheilt; dieselben ergaben

1.	nicht geeggt und nicht gedüngt	377	kg Heu
2.	„ „ aber gedüngt	833	„ „
3.	geeggt und nicht gedüngt	770	„ „
4.	„ „ gedüngt	1563	„ „

Es hat sich für das Eggen der Wiese die sogenannte Ketten- oder Wiesenegge vortrefflich bewährt.

Bei dieser Gelegenheit sei des Aufeggens der Wintersaaten gedacht, das nicht nur den verkrusteten Boden wieder öffnet, sondern auch die Bestockung wesentlich erhöht. Direktor Conradi[2]) weist jedoch mit Recht darauf hin, daß die Egge nur dann brauchbar sein wird, wenn die Kruste nicht allzu dick ist und der Boden nicht zu bindig erscheint. Auch muß man, wenn eine Verkrustung im Frühjahr vorauszusehen ist, eine verstärkte Aussaat eintreten lassen, da das Aufeggen Pflanzen vernichtet, also der Pflanzenbestand verdünnt wird. Darum ist das Aufeggen auch lediglich zur Auslichtung von Saaten sehr anwendbar. Die Vergrößerung des Standraumes für die stehengebliebenen Pflanzen bedingt eine erhöhte Lichtzufuhr zu den Basalknoten und die Erweckung der Seitentriebe, sobald diese Knoten durch die von der Egge angehäufelte Erde auch feucht erhalten und vor zu schneller Verholzung geschützt werden. Wenn die Erde bei dem Eggen nicht genügend krümelt, muß die Walze, am besten die Ringelwalze, nachhelfen. Die Walze wird sogar in der Mehrzahl der Fälle der Egge folgen müssen, einerseits darum, weil bei bündigeren Böden die vollständige Krümelung durch die Egge nicht gelingt und

---

[1]) Illustr. landw. Vereinsblatt, 1880, Nr. 8, cit. in Biederm. Centralbl. f. Agrik.-Chemie, 1880, S. 693.

[2]) Aus „Der praktische Landwirth“ in Fühling's landw. Zeit., 1880, S. 151.

andererseits, weil es erforderlich, daß die aufgerissene Erde an die Basis der Pflanzen auch angedrückt werde. Der günstigste Zeitpunkt für diese Eggenarbeit hängt von der Entwicklung der Pflanze und dem Wassergehalt des Bodens ab. Sind die Pflanzen schon zu weit herangewachsen oder herrscht anhaltend trockne Witterung, dann sollte das Eggen unterbleiben oder im letzteren Falle doch niemals ohne nachfolgendes Walzen ausgeführt werden. Für Winterweizen ist in trocknen Frühjahren das Eggen besonders empfehlenswerth, während in feuchten Jahrgängen und bei anhaltenden Frühjahrsregen Conradi räth, davon abzusehen.

Es dürften hier auch einige Worte über die Bedeutung der Steine im Boden am Platze sein. Die Untersuchungen von Wollny[1]) haben in dieser Beziehung gezeigt, daß bei hoher und constant bleibender Lufttemperatur (während der wärmeren Jahreszeit) der mit Steinen bedeckte und gemischte Boden um ein Geringes wärmer, als der von Steinen befreite ist. Bei sinkender Temperatur findet ein umgekehrtes Verhältniß statt. Während des täglichen Minimums der Bodentemperatur ist der steinhaltige Boden meistentheils kälter und während des Maximums wärmer als der steinfreie Boden. Betreffs der Feuchtigkeitsverhältnisse erwies sich die mit Steinen bedeckte Ackererde während der wärmeren Jahreszeit feuchter als unbedeckter Boden von sonst gleicher Beschaffenheit; der mit Steinen bedeckte Boden läßt größere Wassermengen hindurchsickern, als der unbedeckte.

Das Verbrennen der Pflanzen in nassem Boden.

In Sommern, welche sich durch starke Temperaturextreme auszeichnen, findet man in Kulturen von schnell wachsenden, großblätterigen Pflanzen, wie z. B. bei dem Hopfen, daß in recht heißen, hellen, windigen Tagen die Pflanzen feuchter Standorte besonders welken. In nassen Löchern sieht man bisweilen die unteren und mittleren Blätter gelb- bis braunrandig werden und z. Th. derartig zusammentrocknen, daß sie in der Hand zu Pulver zerrieben werden können. Die Exemplare sind theilweise von der Sonne verbrannt. Das Auffallende der Erscheinung liegt nur darin, daß gerade an denjenigen Ackerstellen, an welchen das ganze Jahr über hinreichende Feuchtigkeit vorhanden, das Verbrennen sich einstellt, während in höheren, trockenen Lagen, die dem Winde noch mehr ausgesetzt sind, die Pflanzen weniger zu leiden pflegen. Die vom Verfasser ausgeführten, vergleichenden Kulturversuche[2]) geben über derartige Fälle genügenden Aufschluß; sie haben gezeigt, daß Pflanzen, welche von Jugend auf ihren Wurzelapparat in einem sehr wasserreichen Boden oder in Wasser entwickeln, derart organisirt sind, daß sie pro Quadratcentimeter Blattfläche viel

---

[1]) Wollny: Fühling's landw. Zeit., 1880, S. 314.

[2]) Sorauer: Studien über Verdunstung. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. III., Heft 4. 5, S. 43 ff.

mehr Wasser verdunsten, als Exemplare derselben Abstammung mit demselben Nährstoffquantum und genau denselben übrigen Vegetationsbedingungen, aber geringerer Wasserzufuhr zum Boden. Es ist eine interessante, vorläufig noch nicht gewürdigte Erscheinung, daß sehr viele unserer Kulturpflanzen aus den verschiedensten Familien zur Produktion von 1 g ausgereifter Trockensubstanz unter den ihnen optimalen Lebensbedingungen annähernd gleiche Summen von Wasser verdunsten, und zwar bewegt sich die Menge des ausgehauchten Wassers zwischen 300 und 400 g. Wenn die Pflanzen an Standorte gelangen, die, wie in Böden mit undurchlassendem Untergrunde, dauernd viel Wasser zur Verfügung haben, so wird sich in den Bodenzwischenräumen eine ständige Nährstofflösung vorfinden, welche je nach dem löslichen Bodencapital eine mehr oder weniger hoch concentrirte ist. Steigt die Concentration über das der Pflanzenart zusagende Maß, dann wächst die Pflanze kümmerlicher, bleibt kurzgliedrig, kleinlaubig, aber meist dunkelgrün. Ist die Concentration grade passend, dann ist das Wachsthum ein sehr reiches und üppiges, und der Wasserverbrauch ist dabei absolut sehr groß, aber berechnet pro Gramm produzirter Trockensubstanz klein. Die Pflanze verwendet unter solchen Umständen das Bodenwasser am nützlichsten. An übermäßig nassen Stellen aber ist der Fall nicht selten, daß die Bodenlösung arm an einzelnen Nährstoffen ist.

In solchen Verhältnissen sieht man den größten Wasserverbrauch, so daß man zu der Anschauung kommt, die Pflanze mache die größten Anstrengungen, um von dem am sparsamsten vorhandenen Nährstoffe möglichst viel herbeizuschaffen. Die Blätter, welche unter solchen Verhältnissen gebildet werden, sind zwar groß und schön ausgebreitet, aber sehr wenig widerstandsfähig sowohl gegen Kälte, als wie gegen Hitze; sie erleiden schon Störungen durch Veranlassungen, welche an anderen Pflanzen spurlos vorübergehen.

Nun treten bei Pflanzen feuchter Standorte solche Störungen auch früher ein. An heißen und namentlich auch noch windigen Tagen ist die Verdunstung eine enorm gesteigerte; — die ausgehauchte Wassermenge ist merklich größer, als die durch die Achsenorgane zugeführte. In Folge dessen sehen wir ein Welken der Blätter bei sehr vielen Pflanzen. Je weniger eine Pflanze pro Quadratcentimeter Fläche gewohnheitsgemäß aushaucht, desto länger genügt selbst bei extrem heißen Tagen die vom Stengel zugeführte Wassermenge zum Ersatz des Transspirationsverlustes. Die Pflanzen nasser Standorte, die, wie experimentell festgestellt, in der Zeiteinheit viel mehr verdunsten, als die Exemplare von trocknen Bodenlagen, sind somit zuerst an der Grenze angelangt, bei welcher ein Wassermangel in der Zelle schädlich wirkt. Bei ihnen vertrocknen die Blätter zuerst, und zwar sind es weder die allerjüngsten, noch die dem normalen Lebensende am nächsten stehenden, ältesten Blätter, sondern in der Regel die kräftigst arbeitenden und z. Th. noch in der Streckung begriffenen.

Die Entwässerung der betreffenden Bodenstücke bleibt das sicherste Mittel.

Schädigungen bei leichten Böden.

Ebenso wie bei den schweren Böden nur in extremen Combinationen Beschädigungen der Kulturen auftreten, so zeigen auch die leichten Bodenarten sich nur dann der Kultur feindlich, wenn die charakteristische Eigenschaft derselben, nämlich der Sandgehalt, einen extrem hohen Prozentsatz bildet. Dabei muß der Sand wirklicher Quarzsand sein, wenn für ihn die nachfolgenden Betrachtungen dauernd passen sollen. Wir dürfen nämlich nicht vergessen, daß „Sand" die Bezeichnung eines physikalischen Zustandes der Substanz ist; der Zustand zeichnet sich dadurch aus, daß das Mineral in zusammenhangslosen, selbst bei Durchfeuchtung nicht cohärirenden Stückchen von etwa Erbsengröße bis herab zur Feinheit des Staubes angehäuft ist. Solche Anhäufungen von z. B. Feldspath führenden Mineralien, wie Granit oder Gneiß bleiben nicht dauernd in sandigem Zustande, sondern bilden allmählich thonhaltige, also verkittende Massen, die der Kulturpflanze einen ihre Entwicklung dauernd fördernden Boden liefern.

Es handelt sich hier also um Bodenarten aus fast reinem Quarzsand oder doch mit einem Gehalt von 70—90 % davon, wenn die physikalische Beschaffenheit als leicht auftretender Störungsgrund für die Entwicklung der Pflanzen herbeigezogen werden soll.

In erster Linie ist das geringe Absorptionsvermögen des Sandbodens als Kulturhinderniß zu nennen. Die Krankheiten, welche durch Wasser- und Nährstoffmangel hervorgerufen werden, sind ihm vorzugsweise eigen. Je mehr thonige und humushaltige Beimengungen sich vorfinden, desto mehr schwindet die Gefahr. Wenige Prozente dieser Beimengungen können schon die Grundlage für einen reichen Kulturboden bilden. Je feiner das Korn im Sande, desto mehr Wasser resp. Nährstofflösung kann er zurückhalten. Mehlfeiner Sand aber ist wegen seiner geringen Durchlüftungsfähigkeit leicht so schädlich wie Thon.

Die durch Wasser- und Nährstoffmangel bedingten Krankheiten werden der Hauptsache nach im folgenden Capitel bei der Erörterung der chemischen Eigenschaften ihre Behandlung finden.

Eine weitere, wesentliche, gefahrdrohende Eigenschaft der sandreichen Bodenarten ist die starke Erwärmbarkeit und Ausstrahlungsfähigkeit. Reiner Sand besitzt das stärkste Wärmeausstrahlungsvermögen, und in Folge dessen auch die größte Bethauungsfähigkeit. Daß diese Eigenschaften in verschieden hohem Maße je nach der Beschaffenheit des Sandes zum Ausdruck kommen und Aufnahme sowie Ausstrahlung geringer werden, je feinkörniger und weißer der Sand ist, braucht wohl kaum besonders hervorgehoben zu werden. Sand der letzteren Art ist solcher, der z. B. reich an Kalkkörnchen ist, während unter den gefärbten Sandarten diejenigen, welche reich an Eisenoxydhydrat sind, sehr warm werden und langsam abkühlen, also sich ähnlich wie thonhaltige Sande verhalten.

Mit den großen, dem Sande eignen Temperaturschwankungen verbindet sich die schlechte Leitungsfähigkeit für Wärme, also ein Verhinderungsgrund etwa nothwendig werdender, schneller Ausgleichungen. In Folge dessen hält er zwar seinen Untergrund bei gleichmäßigerer Temperatur, indem er ihn im Winter wärmer, im Sommer kühler als unter bündigerer Bodendecke erhält, allein er selbst schadet um so mehr durch Frostschäden. Die schnelle Erwärmbarkeit in den Frühlingstagen lockt die Vegetation heraus, und die nächtliche, starke Abkühlung schadet, während die später erwachende Pflanzenwelt auch an wasserhaltenden, thonreichen Bodenstellen unversehrt bleibt.

Die größte Beschädigung erwächst den Kulturen aber da, wo die mangelhafte Cohärenz des Sandes mit sehr feiner Beschaffenheit desselben zusammenfällt. Wir haben es dann mit Flugsand zu thun, dessen regelmäßige Beschädigung man an den Dünen wahrnehmen kann. Wenn auch die Dünen insofern nützlich sind, als sie die scharfen Seewinde der durch ihre peitschenartigen, nach der Landseite gedrückten Zweige charakterisirten Baumvegetation in der Nähe der Küsten weniger empfindlich machen, so schaden sie doch dadurch, daß sie immer mehr landeinwärts, die Kulturen versandend, fortschreiten. Daß der Nachts wehende Landwind den Sand, den der am Tage wehende Seewind übergefegt hat, nicht zurückjagen kann, erklärt sich dadurch, daß bei der starken Bethauungsfähigkeit der Sand gegen Abend bald feucht wird.

Da, wo Kulturen der Gefahr des Versandens ausgesetzt und künstliche Schutzvorrichtungen zu kostspielig sind, muß man sehen, die beweglichen Sandberge auf natürliche Weise zu festigen. Hier sind die Sandgräser in erster Linie schätzenswerth, da sie durch die schnelle Wurzelentwicklung an den Knoten der verschütteten Stolonen immer wieder an die Oberfläche kommen und diese Oberfläche zusammenhalten. Arundo arenaria L., Elymus arenarius L. dürften am häufigsten anzutreffen sein; außerdem empfehlen sich Arundo baltica Schrad., Carex arenaria L. und, bei genügender Feuchtigkeit, wohl auch unsere Quecke. Unter den Dicotylen ist Hippophaë rhamnoides L. ganz vorzüglich; je nach den Beimengungen im Sandboden darf man auch mit Salix arenaria L., Lycium barbarum L., Ulex europaeus L. und den kalkliebenden Genista-Arten Versuche wagen.

Gleichviel, ob wir es mit Sandflächen im Binnenlande, wie in der Mark, Oldenburg und Hannover oder mit Dünensand zu thun haben, so muß doch immer die erste Anpflanzung behufs Festigung mit niedrigem, schnellwachsendem Material stattfinden. Dort, wo die Natur im Laufe der Jahre selbst eine dünne Vegetationsdecke übergelegt hat, schone man dieselbe mit allen nur möglichen Mitteln; denn man hat für das endliche Hauptziel unserer Bestrebungen, nämlich die Errichtung eines Schutzwaldes, eine nicht hoch genug zu schätzende Basis. Mag die Vegetationsdecke noch so mager sein, so hält sie doch den

Sand und gestattet die Anpflanzung junger Kiefern, die mit den magern Ernährungsverhältnissen am besten fürlieb nehmen.

Der Prüfung werth scheint mir folgendes Verfahren zur Festigung und endlichen wirthschaftlichen Verwerthung des Binnensandes. Man säe im Herbst oder Frühjahr möglichst zeitig streifenweis Getreide, das, von der Feuchtigkeit der Jahreszeit geschützt, aufgehen wird und bei Eintritt der gefährlichen, heißen Jahreszeit, die den Sand beweglich macht, schon geschoßt ist. Zwischen diese, quer auf die herrschende Windrichtung verlaufenden Getreidereihen säe oder pflanze man Akazien (Robinia Pseud-Acacia), welche, einmal eingewurzelt, durch ihre üppigen Schossen den langsam wachsenden, später angepflanzten Kiefern Schutz und Schatten gewähren. Wo Haidekraut schon den Boden bedeckt, dürften auch Birken gedeihen. Sind Stellen mit feuchtem Untergrunde vorhanden, so werden selbst Schwarzpappeln und vielleicht auch Weiden am Platze sein.

Von den speziellen Krankheitserscheinungen, die vorherrschend auf Sandböden zu finden sind, und bei denen die physikalische Beschaffenheit des Bodens, nämlich die geringe wasserhaltende Kraft desselben als Hauptursache angesehen werden darf, ist zunächst zu nennen:

Die Verzwergung (Nanismus).

Wenn man bedenkt, daß selbst bei reichlichem Nährmaterial im Boden die Größe der Pflanze von der Streckung der einzelnen Zellen abhängt und diese durch den von der Wasserzufuhr aus der Wurzel abhängigen Turgor regulirt wird, so kommt man alsbald zu dem Schlusse, daß eine geringe Wasserzufuhr während der Vegetationszeit kleine, zwerghafte Exemplare erzeugen muß. Jede Excursion über sandige Strecken, denen ein feuchter Untergrund fehlt oder doch sehr entfernt liegt, giebt Beispiele genug. Ueber die Verkürzung der Zellen bei Wassermangel habe ich ausführliche Messungen veröffentlicht.[1]) Für die Verzwergung bei Mangel an den andern Nährstoffen unter Ueberschuß an Wasser hat Möller[2]) den experimentellen Nachweis geliefert und auch den Satz bestätigt, daß bei gering concentrirten Nährlösungen der Wurzelapparat relativ an Masse zunimmt. Eine eigentliche Erblichkeit des Nanismus ist bei kurzlebigen Pflanzen nicht erkennbar, wenn sich auch der Einfluß des von einer Zwergpflanze stammenden Samens bei der nächstjährigen üppigen Kultur immerhin erkennen läßt. Es ist hier nur hervorzuheben, daß man auch künstlich Zwerge in der Gärtnerei heranzieht. Bei der Treiberei der Blüthensträucher ist es wünschenswerth, kleine, möglichst reichblüthige Exemplare zum Verkauf zu haben. Zur Erreichung dieses Zweckes werden die Sträucher in möglichst kleine Töpfe

---

[1]) Sorauer, Bot. Z. 1873.

[2]) Möller: Beiträge zur Kenntniß der Verzwergung. Landwirthsch. Jahrb. 1883, S. 167.

gepflanzt, zurückgeschnitten und im Frühjahr möglichst lange in kühlen, dunklen Kellern gehalten, um das Erwachen der Vegetation möglichst lange hinauszuschieben. Eiskeller leisten in dieser Beziehung große Dienste. Wenn die Vegetation sich endlich im Freien schon bedeutend entwickelt hat, werden die Blüthensträucher herausgebracht. Sie haben dann zur Ausbildung der Triebe eine ganz andere Combination der Vegetationsfaktoren. An Stelle der feuchten Frühjahrsluft, der verhältnißmäßig geringeren Sonnenwärme und der längeren, kühlen Nächte, erhält die Pflanze trockne, lichtreichere, lange Tage mit wenig Niederschlägen. In Folge dessen bleiben die Zweige kurz und die Augen bilden sich leicht zu Blüthenknospen aus.

Nicht überflüssig wird es sein, darauf aufmerksam zu machen, daß man bei Aufbewahrung der Sträucher in warmen Kellern das Gegentheil erreicht, nämlich vollständige Unbrauchbarkeit zum Treiben. Der warme dunkle Aufbewahrungsort erzeugt verspillerte, sehr zeitige Triebe, die bei dem endlichen Transport der Pflanzen in's Freie entweder durch Vertrocknen zu Grunde gehen oder allmählich zu dünnen, peitschenförmigen, blüthenlosen Ruthen erstarken. Das gespeichert gewesene Material ist im Keller zur Bildung der verspillerten Triebe verschwendet worden.

Daß zwerghafte Pflanzen auch aus Samen gezüchtet werden, bei denen man dem Embryo einen Theil seiner Reservenahrung fortgenommen, soll bei den Verwundungen der Früchte und Samen eingehendere Besprechung finden.

Verhaarung (Pilosis.)

Pflanzen auf trocknem Boden erhalten schon ein behaarteres Aussehen, selbst wenn sich nicht mehr Haare als auf feucht stehenden Exemplaren derselben Art ausbilden; dies kommt daher, daß das Wasser die einzelnen Blattzellen streckt, Wassermangel also bei derselben Nährstoffmenge die Blätter und ihre einzelnen Zellen kleiner bleiben läßt. Wenn eine bestimmte Menge Haare auf einem Blatte gebildet wird, so rücken diese Haare auf einen kleineren Raum dadurch mehr zusammen, daß die sie trennenden Epidermiszellen kürzer sind. Hieraus erklärt sich theilweis schon die Beobachtung, daß Hochgebirgspflanzen bei der Kultur in der Ebene weniger behaart erscheinen; diese Pflanzen werden üppiger, die Dimensionen ihrer Organe größer, die Haare rücken weiter auseinander. Aber es findet in der That auch auf trocknen Standorten eine vermehrte Neubildung von Haaren statt. So citirt Moquin-Tandon[1]) Beobachtungen von Linné, daß der Vogelknöterich (Polygonum Persicaria L.) an Wasserrändern ganz kahl, an trocknen Stellen mit Haaren besetzt erscheint; unser Feldquendel (Thymus Serpyllum L.) verliert am Meeresstrande seine Kahlheit und erhält einen kurzhaarigen Ueberzug. Unser Türkenbund (Lilium

---

1) Pflanzen-Teratologie, übers. v. Schauer 1842, p. 61.

Martagon L.), der längere Zeit in Gärten kultivirt worden, ist kahl; er wird aber wieder behaart, wie die wilde Pflanze, wenn er auf schlechteren Boden kommt ꝛc. Solche Erscheinungen lassen sich auch bei Gartenpflanzen beobachten, die durch Selbstaussaat auf sandigen Feldstellen sich entwickeln.

Eine ungewöhnliche Haarbildung findet ferner bei manchen Pflanzentheilen statt, die sich nicht mehr zu ihrer bestimmten Gestalt ausbilden. Nach Moquin-Tandon bedecken sich die Staubfäden der dreimännigen Winde mit dicken Wollhaaren; ähnlich verhalten sich die Staubfäden mehrerer Arten von Wollkraut (Verbascum), wenn die Staubbeutel verkümmern. Die Blüthenstiele des Perrückenbaumes (Rhus Cotinus) sind vor der Blüthe, und wenn sie Früchte tragen, kaum behaart; wenn dagegen die Früchte sich nicht ausbilden, so werden die unfruchtbaren Blüthenstiele länger, und es kommen jetzt zahlreiche, lange, violette Haare an ihnen zum Vorschein.

Auch bei dem Wurzelapparate sehen wir, je nach dem Aufenthalt der Wurzel die Behaarung wechseln. Bei denselben Arten kann sich der Apparat in Form langer, schlanker, peitschenförmiger, wenig verzweigter, kahler oder fast kahler Aeste entwickeln, wenn die Wurzel in Wasser oder in einen lockeren, mit Wasser gesättigten Sand taucht. Die Wurzeläste werden um so kürzer, knorriger, verzweigter und behaarter, je trockner im Allgemeinen der Boden, je mehr also die Wurzel nur die feuchte Luft der Bodenzwischenräume zur Verfügung hat. In ganz trockner Luft entwickeln (nach Perseke) die Wurzeln auch keine Haare mehr. Ueber die weiteren Formveränderungen, die von Perseke[1]) eingehend studirt worden sind, kann hier zunächst hinweggegangen werden. Schließt man Wurzeln in feuchte Luft ein, so entwickeln sich die jungen Wurzelspitzen kurz unterhalb ihres fortwachsenden Endes ganz bärtig, da fast jede Oberhautzelle sich zu einem Haare ausstülpt.

Bei den oberirdischen Pflanzentheilen, welche an trockene Luft gewöhnt sind, muß der Feuchtigkeitsgrad der Luft auffallend gering sein, wenn die Haarbildung intensiv hervorgerufen werden soll, wie C. Kraus[2]) bei Kartoffelkeimen angiebt. In sehr feuchter Luft sind die Kartoffelkeime derselben Sorte haarlos oder doch mit wenigen und kürzeren Haaren besetzt. Es ist also bei den oberirdischen Organen der Einfluß der feuchten Luft gegenüber der trocknen, welcher die Behaarung verhindert; bei den auf tropfbar flüssiges Wasser meist angewiesenen Wurzeln wird diese Behinderung durch dauernde Wasserzufuhr erzielt, gegenüber dem haarbefördernden Einfluß der feuchten Luft.

Die extreme Haarbildung ist daher bei der ober- und unterirdischen Achse

[1]) Perseke: Ueber die Formveränderung der Wurzel in Erde und Wasser. Inauguraldissertation, Leipzig 1877.

[2]) Kraus: Beobachtungen über Haarbildungen, zunächst an Kartoffelkeimen. Flora 1876, S. 153.

die Folge gleichsinnig wirkender Ursachen; es wird den Organen das gewohnheitsgemäß nothwendige Wasser vorenthalten.

Zur Erklärung der Thatsache, daß größere Trockenheit des umgebenden Mediums die Haarbildung befördert, haben Kraus und Mer[1]) die Erscheinung herbeigezogen, daß mit der beförderten Haarbildung in trocknen Medien das Längenwachsthum des Organs gemäßigt oder gehemmt ist. Beide Forscher meinen nun, daß das Material, das durch die verhinderte Längsstreckung der Zellen des Achsencylinders erspart wird, zur Ausbildung der Haare verwendet wird. Außer den oben angeführten Beispielen von Rhus u. A. stützen auch neuere Beobachtungen von Heckel die Ansicht, daß mit der überreichen Haarentwicklung mangelhafte Ausbildung anderer Theile Hand in Hand gehe. Heckel[2]) sah Exemplare von Lilium Martagon L. und Genista aspalathoides Lam. mit ungewöhnlicher Behaarung unter Reduction der Blüthentheile. Kraus betont, daß mit der Abnahme des Längenwachsthums eine Erhöhung des Turgors in der Querrichtung des ganzen Organs stattfinde, der sich auch auf die Epidermiszellen erstrecke und dieselben zur Ausstülpung von Haaren anrege. Da die Erhöhung des Turgors in der Querrichtung bei Aufhören des Längenwachsthums durch Wassermangel noch nicht experimentell gestützt ist, so dürfte vorläufig auch noch ein anderer Erklärungsgrund für die Steigerung der Turgescenz der Epidermiszellen der Prüfung empfohlen werden, wir meinen die Auffaugung von Thauwasser durch die schmachtenden, wasserarmen Organe. Der sich von außen ansetzende Thau wird zuerst den Epidermiszellen zu Gute kommen und den Turgor steigern. Das aufgenommene Wasser reicht nicht hin, die Streckung der ganzen Wurzel zu veranlassen, kann aber wohl genügen, die noch im Wachsthum begriffenen Oberhautzellen zur Ausstülpung ihrer Zellmembranen zu bewegen. Auch Vesque[3]) schreibt, wie Mer und Kraus, der vermehrten Transspiration die Beförderung der Haarbildung zu, indem diese die Streckung der Internodien beeinträchtigt.

Die Orte, an denen wir die vermehrte Haarbildung auftreten sehen, die Alpenregionen und in der Ebene die Sandböden haben besonders reiche Thaubildung.

Die Anregung für die Epidermiszellen zur massenhaften Haarbildung erfolgt häufig auch von Seiten parasitärer Thiere, die mit ihren Mandibeln die jugendlichen Blätter verwunden und dadurch die sogenannte Filzkrankheit erzeugen. Es finden diese Haarbildungen bei den Gallen ihre Beschreibung.

---

[1]) Mer: Recherches expérimentales sur les conditions de développement des poils radicaux. Compt. rend. LXXXVIII (1879), S. 665.

[2]) Heckel: Du pilosisme déformant dans quelques végétaux. Compt. rend. t. XCI. 1880, p. 349.

[3]) Sur les causes et sur les limites des variations de structure des végétaux. Cit. Bot. Centralbl. 1884, Nr. 22, S. 259.

Das Verscheinen des Getreides.

Lediglich durch Wassermangel läßt sich die Krankheit erklären, die wir das **Verscheinen des Getreides** nennen. Bei dieser Krankheit unterbleibt die Ausbildung der Körner in Folge von nicht genügender Wasserzufuhr. Nach den vielen exacten Versuchen **Hellriegel's** wird nicht immer der Wassermangel das Verscheinen verursachen. Es kommt hierbei wesentlich auf die Entwicklung der Pflanze an zu der Zeit, in welcher die Bewässerung aufhört. Wenn, wie in den Versuchen ausgeführt wurde, eine Getreidepflanze von erster Jugend an nur ein geringes Wasserquantum zur Verfügung hat, so bildet sie alle ihre Organe in derselben, vielleicht sogar in noch etwas längerer Zeit aus, wie die mit reicher Bewässerung versehene Pflanze; jedoch ist die ganze Produktion schwach. Das Verhältniß der geernteten Körner zur Gesammttrockensubstanz ist aber immer das normale, d. h. die Hälfte Trockensubstanz ungefähr wird in Form von Körnern geerntet. Wie bei allen Vegetationsbedingungen ist auch hier eine unterste Grenze; hält sich die Wasserzufuhr unter derselben, findet überhaupt keine nennenswerthe Produktion statt.

Tritt ein bedeutender Wassermangel gleich nach der Keimung ein, so bleiben die Körner lange (im Versuch bis 6 Wochen lang) lebendig und entwickeln sich nach dieser Zeit kräftig, sobald reichliche Wasserzufuhr wieder eintritt. Noch weniger schädlich erscheint eine Durstperiode, wenn die Körner milchreif sind, also ihre normale Größe erreicht, aber ihren innern Ausbau noch nicht beendet haben. Die Arbeit der Pflanze, welche zu dieser Zeit überhaupt keine neue Trockensubstanz mehr bildet, besteht in der Umwandlung und der Fortführung der im Blatt erzeugten Substanz nach den Reservestoffbehältern, den Samen, hin.

In allen zwischen der Saat- und Reifeperiode liegenden Entwicklungsphasen wirkt Wassermangel schädlicher und die Folgen sind um so tiefer eingreifend, je jugendlicher noch die Pflanze bei Eintritt der Durstperiode ist. Wenn in der Zeit des kräftigsten Schossens eine längere Trockenperiode eintritt, so kann die Pflanze diesen Schaden nicht mehr ausgleichen. Die Folgen längerer Trockenheit sind um so empfindlicher, je mehr Wasser die Pflanze in der Jugend gehabt hat und wenn sich eine Pflanze bei reichlicher Bodenfeuchtigkeit bis zum Blüthenansatz üppig entwickelt hat und es folgt jetzt eine größere Durstperiode, dann geht die Körneranlage zu Grunde; es kann ein mehr oder weniger umfangreiches Fehlschlagen der Körnerernte eintreten, was wir dann als „Verscheinen" des Getreides bezeichnen.

Die experimentellen Beweise über den Einfluß des Wassermangels, der von verschiedener Dauer und in verschiedenen Entwicklungsphasen der Getreidepflanzen eingetreten, hat **Hellriegel**[1]) in neuester Zeit ausführlich veröffentlicht.

---

[1]) **Hellriegel**: Beiträge zu den naturwissenschaftl. Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Vieweg 1883, S. 598—620.

Die Fadenbildung der Kartoffeln (Filositas).

Eine als „Fadenkrankheit“, „Mauleselbildung“, „mules“ bezeichnete, nach Gagnaire[1]) seit 50 Jahren in Frankreich bekannte Ausartung der Kartoffeln, ist bisher nur in Gegenden beobachtet worden, deren stark erhitzbarer Boden große Trockenperioden zu überstehen hat. Die Krankheit besteht in einer Verkümmerung der angelegten Augen; aus denselben entwickeln sich schlanke, fadenartige Stengel von der Dicke eines mittleren Wollfadens. Nicht selten treiben die Augen der übrigens verhältnißmäßig sehr stärkereichen Knollen überhaupt nicht aus, oder die schwachen Triebe vermögen selbst bei geringer Bodenbedeckung nicht an die Oberfläche zu kommen, und die Knollen gehen meist unter den Erscheinungen der Trockenfäule zu Grunde.

Früher wurde die Krankheit nur von Frankreich (bei Poitiers) her gemeldet;[2]) jetzt ist sie mir vom Marchfelde bei Wien mehrfach zugesendet worden.

Eine eingehendere Besichtigung des kranken Materials vor der Aussaat zeigte, daß häufig mehrere der sehr zarten, fadendünnen Stengel an der Spitze vertrocknet waren und die vertrockneten Spitzen einen zerrissenen Markkörper erkennen ließen.

Das Zerreißen des Markkörpers an so jungen Stengeln weist darauf hin, daß bei ihnen sehr frühzeitig durch Wassermangel die Turgescenz und Dehnungsfähigkeit verloren geht. Alle Kartoffelstengel sind zwar hohl an der Basis; indeß tritt dieser Vorgang erst spät im normalen Entwicklungsgange ein. Ein weiterer Umstand deutet ebenfalls auf den frühzeitig vorhandenen Mangel an Turgescenz im Gewebe hin. Es ist das geringe Vortreten der Wurzelanlagen, welche sich bei gesunden Knollen selbst im warmen Zimmer ohne Erde um die Augen herum viel merklicher entwickeln.

Endlich zeigen die kränksten Exemplare bisweilen bei den im Keller angekeimten Knollen dünnere Stengelchen, deren Spitzen bereits wieder zu Knöllchen angeschwollen sind. Diese Sucht zur Knollenbildung im Keller zur Frühjahrszeit, in welcher gesunde Knollen nur vergeilte Triebe machen, deutet wiederum auf einen Mangel desjenigen Faktors hin, der die Stengelstreckung am meisten begünstigt, nämlich auf Mangel an Wasserdruck im Innern der Pflanze.

Von dem Gedanken geleitet, daß die Fadenkrankheit nur eine erblich gewordene Ausartung sei, welche dadurch hervorgebracht worden ist, daß bedeutender Wassermangel zu einer Zeit auf die Knolle eingewirkt hat, in welcher dieselbe noch lange nicht fertig entwickelt war, daß also Jugendzustände durch eine Nothreife fixirt worden sind, wurden von mir vergleichende Kulturversuche mit der „Böhmischen Kartoffel“ unternommen.

---

[1]) Nach dem Journ. d'agric. pratique, cit. in Biedermann's Centralbl., f. Agrikultur-Chemie 1873, Nr. 10.

[2]) Annalen der Landwirthschaft 1873, Wochenbl. Nr. 16, S. 128.

Die besten Resultate erzielte ich schließlich dadurch, daß die kranken Knollen in große, halb mit sandiger Erde gefüllte Töpfe in der Weise ausgelegt wurden, daß der Knollenkörper nur ganz knapp mit Erde bedeckt war, so daß die zarten, fädigen Triebe vollkommen frei hervorragten. Unter allmählich sich steigender Wassergabe wuchs auch die Bedeckung der Knollen mit Erde in dem Maße, als die Triebe sich verlängerten und verdickten.

Ein Vergleich zwischen gesunden und kranken Knollen derselben Sorte ergab, daß Letztere durchschnittlich stärkereicher waren; bei ihnen konnte man im Mittel eine Korkschale von 11 Zellen Dicke constatiren, während die der gesunden Exemplare bis auf 8 Zellen zurückging. In der Menge der überhaupt spärlich auftretenden Proteïnkrystalle war insofern ein Unterschied zu constatiren, als die gesunden Knollen in der Nähe der Augen reichlicher Krystalle besaßen; bei einzelnen kranken Knollen waren solche überhaupt nicht aufzufinden.[1]) Zur Zeit des Auslegens der Knollen ergab die Messung, daß die Triebe bei den gesunden Knollen kürzer, aber mehr als doppelt so dick wie diejenigen kranker Exemplare waren. Die gesunden Triebe sind spezifisch schwerer, als die kranken, deren Zellen dünnwandiger sind; jedoch erwies sich die Annahme, daß die dünneren Stengel weniger Zellen im Querschnitt besitzen, wie die gesunden, als irrig. Durchschnittlich war die Anzahl der Rindenzellen in radialer Richtung bei gesunden und kranken Trieben ziemlich gleich; nur die radiale Ausdehnung ist bei Letzteren viel geringer und der Holzring viel schwächer entwickelt. Die pfriemenförmigen Haare, sowie die ganze Oberhaut sind bei den fädigen Stengeln weniger chagrinirt.

Nachdem die Triebe sich einige Wochen am Licht gekräftigt, wurden Spitzen zu Stecklingen behufs Versuchen in Wasserkultur entnommen. Die Bewurzelung der von gesunden Pflanzen stammenden Spitzen war eine sehr leichte, während die fädigen Zweige sich sehr empfindlich gegen Feuchtigkeit, selbst im ausgeglühten Sande, zeigten.

Den Umstand, daß die Rindenkörper bei gesunden und kranken Exemplaren nahezu dieselbe Zellenanzahl besitzen, halte ich für sehr beachtenswerth. Es ist daraus zu schließen, daß das Material für die Zellenbildung anfangs in beiden Fällen gleich reichlich den gesunden und kranken Knollen zur Verfügung stand, daß aber bei den Letzteren das Agens zur größeren Zellstreckung, also das Wasser fehlte. Zur Zeit des Austreibens der jungen Augen am Aufbewahrungsorte muß allerdings auch Wasser für die Zellstreckung genügend vorhanden gewesen sein; die Ausdehnung ist nur in einer anderen Richtung erfolgt; denn die Epidermiszellen der jungen Triebe sind bei den kranken Pflanzen länger als in den entsprechenden Stengelhöhen der gesunden Knollen.

---

[1]) Auch wurde dabei die Beobachtung gemacht, daß scharfe Proteïnkrystalle auch in der grünen Stengelrinde bei gesunden und kranken Pflanzen vorkommen.

In späteren Entwicklungsstadien der Triebe waren die Maße bei den einzelnen Stengeln zu ungleich, so daß ich den Durchschnittszahlen keinen Werth beilege. Die Querdurchmesser der Zellen behielten aber ihre scharfe Größendifferenz.

In der größeren Verlängerung der Oberhautzellen bei geringerer Dicke, sowie in einer größeren Länge der Stengelglieder ähneln die fadenförmigen Triebe den durch Lichtmangel erzeugten, vergeilten Stengeln; sie unterscheiden sich aber wesentlich von Letzteren durch die vom Anfange an sich geltend machende, reichliche Verzweigung; fast alle Seitenaugen treiben kurze Zeit nach ihrer Anlage aus.

Die Verzweigungssucht der jungen Pflanzen betrachte ich als ein Zeichen eines Schwächezustandes. Dieser Fehler tritt bei den verschiedensten Pflanzen in Wasserkultur sehr gerne auf. Während die entsprechenden Reihen der Sandkulturen ein ungehemmtes Spitzenwachsthum ihrer Hauptachsen zeigen, tritt bei Wasserkulturen ein Stillstand ein und es entwickeln sich statt dessen die Seitenaugen zu kleinblätterigen, wenig gestreckten Trieben.

Stärke war sowohl im Mark, als auch im Rindenkörper bei gesunden und kranken Trieben sehr reichlich nachweisbar.

Die am 13. April vorgenommene Zählung und Messung der Triebe (ausgelegt waren die Knollen im Februar) ergab im Durchschnitt:

	Zahl der beblätterten Triebe pro Knolle	Länge des stärksten Stengels	Größter Querdurchmesser des stärksten Triebes
Gesund	5,4	30,8 cm	4,9 cm
Krank	5,3	21,4 „	2,03 „

Der Schwächezustand war somit in seiner ganzen Schärfe erhalten geblieben trotz reicher Bewässerung und Düngung durch Nährstofflösung; derselbe zeigte sich aber nicht nur in der gestaltlichen Entwicklung, sondern auch in functioneller Beziehung. Als nämlich um diese Zeit die Töpfe an einen Standort gebracht wurden, an welchem sie zwar vor den Einwirkungen etwaiger Nachtfröste geschützt werden konnten, sonst aber den Temperaturschwankungen im Freien ausgesetzt waren, zeigte sich an kalten Tagen eine bedeutende Tropfen-Ausscheidung aus den jüngeren Blättern.

Die Ausscheidung tropfbar flüssigen Wassers aus Blättern ist eine verbreitete Erscheinung; sie tritt um so stärker auf, je größere Wachsthums-Energie das Blatt besitzt. Alte Blätter zeigen keine oder nur höchst sparsame Ausscheidungen. Dieser Vorgang geht parallel mit der Abgabe dampfförmigen Wassers, mit der Transspiration am Tage, welche kein mechanischer, sondern ein physiologischer, von der Bildung, Vertheilung und Zusammensetzung der Trockensubstanz abhängiger Act ist. Je größer der procentische Aschengehalt des Blattes allmählich wird, desto mehr sinkt wieder die von einer Minimalgrenze bis zu einer bestimmten Höhe mit der Blattentwicklung gestiegene Ver-

dunstung. Je concentrirter die Nährstofflösung über ein bestimmtes Optimum hinaus wird, je schneller also die Einlagerung von Aschenbestandtheilen erfolgt, desto geringer die Verdunstung u. s. w. Die Größe der Ausscheidung von tropfbar flüssigem und dampfförmigem Wasser kann also unter sonst gleichen Verhältnissen als ein Maßstab für die Wachsthums-Energie gelten.

Bei den Kartoffeln zeigte sich nun, daß nur die gesunden Stöcke an ihren Blättern tropfbar flüssiges Wasser ausschieden.

Mit der geringeren Wasserausscheidung parallel geht auch eine geringere Production an Trockensubstanz, wie die folgenden Wasserkulturversuche zeigen. Die Fig. 1, S. 102, stellt den Basaltheil eines in Wasserkultur gezüchteten Stecklings von einer fadenkranken Knolle dar. Die Dimensionen von Stengel, Blättern und Knollen entsprechen den natürlichen Verhältnissen. Der Stengel ist in der That nicht dicker und die wie schwache Wollfäden erscheinenden Stolonen (st), welche im Lichte entstanden sind und blau gefärbt erscheinen, tragen Knöllchen (k). Einzelne Knollen zeigen sich an der Spitze verlängert und bisweilen zu grünen Trieben (b) ausgewachsen. Die Erscheinungen der Knollenbildung sind nebensächlich; die Hauptsache bilden die äußerst dünnen Triebe, welche selbst bei einjährigen, gesunden Sämlingen stärker werden.

Von den Stecklingen, welche übrigens auch schon Wasser aufnehmen müssen, bevor sie Wurzeln entwickeln, da sie nach reichlichem Begießen, trotz steigender Wärme und Lufttrockenheit, aus dem welken in den straffen Zustand übergehen, wurden 6 Stück am 5. Juni in $^1/_2$ $^0/_{00}$ Nährstofflösung eingesetzt. Die aus je 3 Stück berechnete Durchschnittspflanze hatte bei den kranken Exemplaren ein Anfangsgewicht von 0,85 g bei einer Länge von 16 cm und der Anwesenheit von 5 Blättchen; der gesunde Steckling wog bei 10 cm Länge und 3 Blättchen 1,33 g.

Am 21. August fingen einzelne Spitzen älterer Blätter an, braun zu werden, und die Stecklinge wurden deshalb geerntet. Das aus je 3 Pflänzchen berechnete Durchschnitts-Exemplar ergab:

	Fadenkrank	Gesund
Länge der Wurzeln	13 cm	17 cm
Zahl und Länge der Stengel .	4 St. v. zus. 29 cm	1 St., 14,5 cm
Wurzel-Frischgewicht	1,386 g	1,973 g
Stengel-Frischgewicht	0,890 „	2,023 „
Zahl u. Frischgewicht der Blätter	20 kleine, 1,432 g,	6 vollkommen gefiederte, 2,183 g
Blattfläche	46,9 qcm	54,5 qcm
Zahl u. Frischgewicht der Knollen	3 oberird. v. 0,490 g	0
Gesammtfrischgewicht	4,198 g	6,179 g
Wurzeltrockensubstanz	0,1275	0,2345
Stengeltrockensubstanz	0,1310	0,3120
Blättertrockensubstanz	0,1820	0,3150
Knollentrockensubstanz	0,0955	0
Gesammttrockensubstanz . . .	0,536	0,8615.

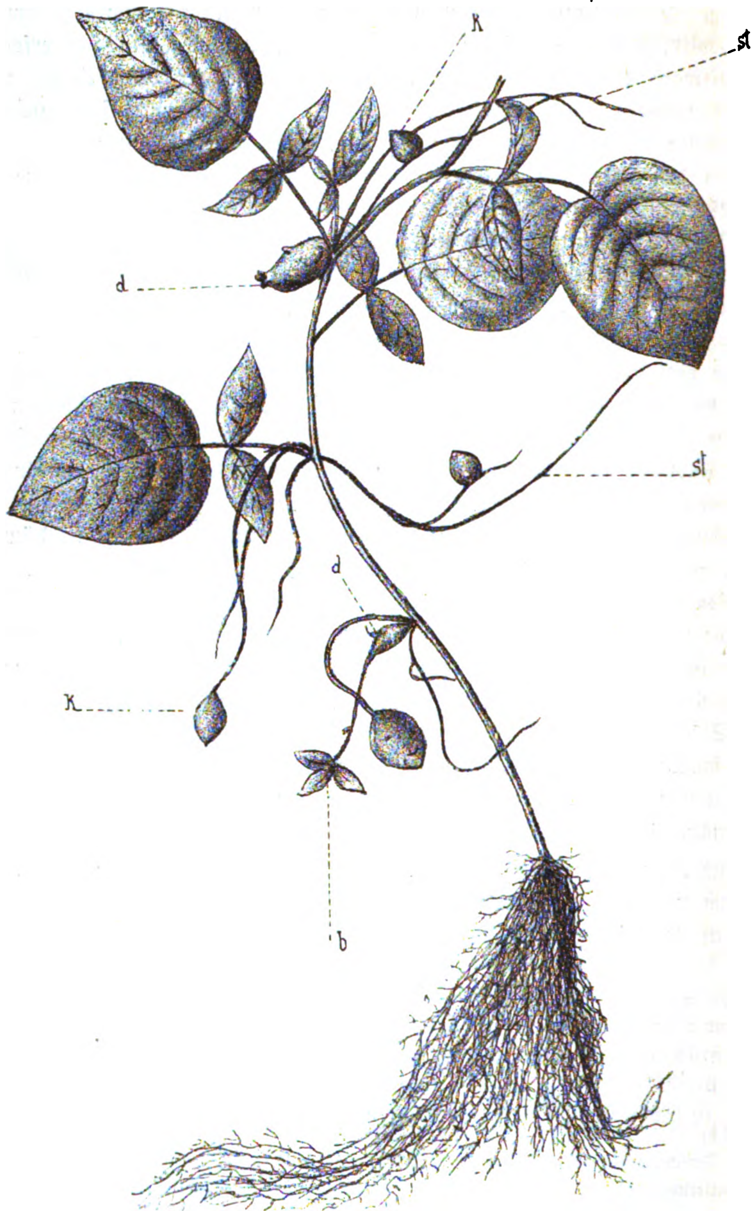


Fig. 1. Basaltheil eines in Wasserkultur gezüchteten Stecklings von einer fadenkranken Kartoffelknolle, nat. Gr. (S. 101).

Aus dieser Zusammenstellung geht hervor, daß die gesunden Stecklinge absolut mehr Substanz innerhalb desselben Zeitraumes bei denselben Nährstoff-

und Standorts-Verhältnissen producirt haben, als die kranken. Diese neugebildete Substanz ist in verschiedener Weise angelegt worden; bei den gesunden Pflanzen ist sie hauptsächlich zur Ausbildung des Stengels und des Blatt-Apparates verwendet worden, während bei den kranken Pflanzen sich ungefähr 8 % der Gesammtmenge in Form von oberirdischen Knollen ausgebildet hat.

Die Eigenthümlichkeit, in den Blattachseln oberirdische Knollen zu bilden, kommt allen Kartoffelsorten wohl zu und läßt sich ziemlich häufig an spät geschnittenen Stecklingen zur Erscheinung bringen. Im vorliegenden Versuche aber hatten die Stecklinge der gesunden Pflanzen ein freudiges Spitzenwachsthum und noch keine Tendenz, Knollen zu bilden, während die kranken einen unverkennbaren Hang zur Stolonenbildung und zur Anlage kleiner Knöllchen zeigten. Wir begegnen also hier mitten in der Vegetationszeit demselben Streben der fadenkranken Pflanzen zur reichlichen Knollenbildung, das wir schon an dem Saatgute hervorgehoben haben. Wir dürfen darin also eine erblich werdende Eigenschaft der kranken Pflanzen erblicken.

Rufen wir uns aber in's Gedächtniß zurück, daß die Knollenbildung nur dann reichlich stattfindet, wenn eine durch Luft- und Bodentrockenheit erzeugte Ruheperiode der Pflanze eintritt, und daß bei ununterbrochen reicher Wasser- und Nährstoffzufuhr ein Durchwachsen der Knollen oder auch gar eine übermäßige Kraut- und Stolonen-Entwicklung ohne jeden in's Gewicht fallenden Knollenansatz sich zeigt, so werden wir auch hier wieder zu dem oben schon erwähnten Schluß kommen, daß bei den fadenkranken Knollen die erblich werdende Sucht zur Knollenbildung durch übermäßige Einwirkung derjenigen Umstände erzeugt worden ist, welche bei der normalen Pflanze die Knollenbildung begünstigen, d. h. durch Trockenheit.

Die geschwächte Vegetations-Energie der Chlorophyll führenden Organe bei den fadenkranken Knollen spiegelt sich auch in der Verdunstung ab. Die kranke Pflanze verdunstete vom 5. Juni bis 21. August 133,5 g Wasser, die gesunde Durchschnittspflanze 168,25 g. Da die Erstere lockerer gebaut ist als die Andere, (denn sie enthält nur 12,77 % Trockensubstanz, während die gesunde 13,94 % Trockensubstanz enthält,) so kommt auch auf 1 g Trockensubstanz mehr Verdunstungswasser (nämlich 87,5 g) bei den fadenkranken Knollen, während bei den gesunden nur 63,3 g Wasser sich auf 1 g Trockensubstanz berechnet.

Die größte Differenz in dem Trockensubstanzgehalt macht sich im Blatt-Apparat geltend. Während die Stengel der fadenkranken Knollen 14,7 % Trockensubstanz enthielten, besaßen die gesunden 15,5 %; bei den Blättern ist das Verhältniß aber wie 12,7 : 14,4 %.

Wenn man die Anfangsgewichte der Pflanzen unberücksichtigt läßt und berechnet, wie viel von der Gesammttrockensubstanz der Ernte auf den Quadrat-Centimeter Blattfläche zu erarbeiten wäre, so ergiebt sich, daß bei den faden-

kranken Knollen der Quadrat-Centimeter Fläche 0,0114 g Trockensubstanz hat bilden müssen, während bei den gesunden Kartoffeln auf den Quadrat-Centimeter Blattfläche 0,0158 g Trockensubstanz kommt.

Diese Zahlen geben annähernd einen Einblick in die Arbeits-Energie des Laubkörpers; sie werden vervollständigt durch die Zahlen der Verdunstung pro Quadrat-Centimeter. Während der Versuchsdauer verdunstete der Quadrat-Centimeter Blattfläche der fadenkranken Kartoffeln 2,85 g Wasser, während die eine größere Menge Trockensubstanz erarbeitende, ebenso große Blattfläche der gesunden Pflanzen 3,1 g Wasser aushauchte.

Ich glaube aus dem Umstande, daß die fadenkranken Pflanzen weniger Trockensubstanz erarbeiten, obgleich sie in ihren Standorts- und Ernährungs-Verhältnissen völlig den gesunden Exemplaren gleichgestellt waren, den Schluß ziehen zu dürfen, daß ein frühzeitiges Erschlaffen der Vegetations-Energie bei den fadenkranken Kartoffeln eintritt. Halten wir damit zusammen, daß andere Merkmale, wie oben bemerkt, auf Einfluß von Trockenheit hindeuten und daß die Krankheit sich grade in Gegenden, welche an Wassermangel leiden, einstellt, so dürften wir immer mehr in der Meinung bestärkt werden, daß die Fadenbildung der Kartoffeln eine durch das Kulturverfahren hervorgerufene, erblich werdende Krankheit ist, welche darin besteht, daß die Knollen künstlich zu vorzeitiger Reife gebracht werden.

Nach den freundlichen brieflichen Mittheilungen von Prof. Moser über das befolgte Kulturverfahren und nach den im „Oesterr. landw. Wochenbl." veröffentlichten Angaben über die Beschaffenheit des Marchfeldes [1]) mache ich mir folgende Vorstellung von der Entstehung der Krankheit. Die Kartoffeln, welche meist zu den frühesten Sorten gehören, werden möglichst zeitig gelegt und häufig künstlich angetrieben, indem sie im Keller mit Sand überdeckt und zeitweise mit lauwarmem Wasser begossen werden. Die auf diese Weise anfangs sehr günstig situirten, durchaus nicht an Wasser-Mangel leidenden Triebe erhalten aber in dem Sandboden des Marchfeldes eine sehr flache Lage, so daß sowohl die Mutterknolle, wie die angelegten neuen Knollen von Temperatur- und Feuchtigkeits-Schwankungen der Atmosphäre leicht beeinflußt werden. Bei der steigenden Sommer-Temperatur und der flachen Lage in den oberen Schichten eines nur mit geringer wasserhaltender Kraft begabten Bodens werden die Pflanzen um so früher einen Stillstand in ihrer Entwicklung erfahren, je mehr sie in der Jugend durch Wasser- und Nährstoffzufuhr zu üppiger Vegetation angeregt worden sind. Die Pflanze baut sich nämlich, wie Versuche gelehrt haben, lockerer auf, wenn sie ursprünglich Wasserreichthum hatte; sie welkt aber oder verdorrt auch selbst schon bei einer Luft- und Bodentrockenheit, welche anderen,

---

[1]) Siehe Altvatter: „Das Marchfeld und seine Bewässerung", „Oesterr. landw. Wochenbl." 1875, Nr. 51.

von Anfang an trockener gehaltenen Pflanzen derselben Varietät und Abkunft noch nicht schaden.

Wenn nun derartig kräftig angeregte Pflanzen, wie die angetriebenen Frühkartoffeln, durch die eintretende Sommerwitterung lange vor Abschluß ihrer normalen Vegetationsphasen in dem trockenen Sandboden nicht mehr Wasser genug zur Fortentwicklung ihrer Stengel finden, wird ein Stillstand eintreten. Der einmal gebildete Blatt-Apparat erarbeitet noch neue organische Substanz; dieselbe wandert abwärts nach den jungen Knollen und wird in Form von Stärke aufgespeichert. Der durch die reiche Düngung der Kartoffel-Aecker hervorgebrachte Nährstoffreichthum nützt nun den Pflanzen nichts mehr, weil das Lösungs- und Transportmittel, das Wasser, fehlt. Die oberirdischen Triebe zehren sich selbst allmählich auf, indem die Spitzenregion der Stengel zu ihren Wachsthumsprocessen das Material den unteren Blättern allmählich entzieht. Ist dieses verbraucht, so sterben die oberirdischen Triebe ab; die Knollen werden nothreif. Auch diejenigen Knollen, welche als Saatgut für das nächste Jahr bestimmt sind und länger im Boden verbleiben, sind trotz ihres Stärkereichthums nicht so wie andere Knollen, deren Laubkörper bei tieferer Lage der Mutterknolle oder in feuchterem Boden längere Zeit in Arbeit verblieben ist.

Die Knospen des unterirdischen Stengels, den die Knolle darstellt, entwickeln sich mit dem Wachsthum der Knolle allmählich weiter; mindestens strecken sich ihre Zellen, selbst wenn nicht die Anlage noch neuer Vegetationspunkte in den Knospen und deren Blattachseln erfolgen sollte. Wird nun bei zu frühzeitig eintretender Trockenheit die Ausbildung der Knolle sistirt, so bleiben auch zunächst die Augen bei ihrer schwächeren Entwicklung stehen.

Die noch kleinen Zellen des Knospenkörpers gehen bei der Trockenheit schnell in Dauergewebe über; in Folge dessen ist die Knospenanlage schwach und der aus derselben herausbrechende Stengel dünner als der normale, obgleich beide dieselbe Anzahl von Zellen haben. Wenn bei dem Auskeimen der Knollen im Keller während der Winterszeit ein Theil des in den Knollen vorhandenen Wassers von den jungen Trieben herangezogen wird, so strecken sich die Zellen der noch dehnbar gebliebenen Region, und zwar strecken sie sich bei dem engeren Querdurchmesser mehr in die Länge, als bei dem normalen Stengel.

Da das Gewebe der Knospen in seiner vollständigen Ausbildung bald nach der Anlage behindert war und sich als stoffärmer erweist, so ist auch anzunehmen, daß die wasseranziehenden Salze in den Stengelspitzen in geringer Menge vorhanden sind; je geringer ihre Menge, desto geringer der Turgor der Zellen, die Straffheit des Gewebes. Je kürzere Zeit die Markzellen des Stengels ihre Turgescenz behalten, desto schwächer ist die Streckung des Stengels. Auf diese Weise erklärt sich die Anlage und Fortbildung der fadenartigen Stengel.

Sicherlich kommt diese Krankheit nicht in einer Generation zu Stande, wenn auch Fälle vorliegen, daß Saatgut, welches aus Stockerau gesund bezogen, schon in einem Jahre eine schwache Erkrankung zeigte (Prof. Moser). Es wird auch die Heilung, wenn man eine solche anstreben will, nicht innerhalb einer Generation zu erzielen sein. Das praktischeste Verfahren zur Vermeidung des Uebels wird immer der Samenwechsel bleiben. Wissenschaftlich nothwendig ist aber der Versuch, durch fortgesetzte Kultur der fadenkranken Knollen in tiefgründigem, feuchtem Acker die Knolle wieder zur normalen Stengelbildung zurückzubringen. Nur dadurch wird der vollkommene Beweis der Richtigkeit obiger Ansicht über die Ursache der Fadenkrankheit erbracht, und dieser Versuch ist mir insofern gelungen, als der Prozentsatz der fadenkranken Knollen nach dreijähriger Aussaat ein minimaler geworden war.

Der Honigthau.[1])

Nach den bisherigen Beobachtungen muß eine Krankheit hierher gezogen werden, die unter dem Namen „Honigthau“ (Melligo, Mel aëris, Ros mellis) bekannt, aber vom Honigthau des Getreides vollständig verschieden ist. Die hier zu erwähnende Krankheit besteht im Auftreten eines zuckerigen, Ueberzuges der Blätter verschiedener Pflanzen. Solche Erscheinungen sind häufig und seit langer Zeit beobachtet worden, und man hat gefunden, daß der Honigthau auf Blättern, Blüthen und jungen Zweigen holziger und krautiger Pflanzen bald als glänzender, gleichmäßiger Firniß, bald in Form gelblicher, zäher Tropfen, meist die Oberfläche der Theile überziehend, auftritt. Die Ursache ist noch nicht aufgehellt. Meyen[2]) erzählt darüber, daß eine Zeit hindurch die von Plinius ausgesprochene Ansicht Geltung gehabt, wonach der Honigthau als wirklicher aus der Luft fallender Thau anzusehen sei, der besonders in den Hundstagen auftrete und nicht blos die Pflanzen, sondern auch die Kleider der Menschen überziehe. Dem widersprach J. Bauhin, der darauf aufmerksam machte, daß nur einzelne Pflanzen oder Arten in einer Gegend krank würden. Trotzdem finden sich bis in dieses Jahrhundert hinein Angaben, wonach man ein Herabfallen von süßem Saft aus der Luft beobachtet hat, und zwar ist dabei mehrmals bemerkt, daß der Thau durch die Baumkronen gefallen sei. Nachdem man die Abscheidung eines süßen Saftes aus dem After (oder aus den Hinterleibsröhren) der Blattläuse beobachtet hatte, wurden diese als die Ursache der Krankheit angesehen, zumal man bemerkte, daß Blattläuse und Honigthau sehr häufig gemeinschaftlich gefunden werden. Dem wurde aber zunächst entgegengestellt, daß die Blattläuse meist nur auf der

---

[1]) Saccharogenesis diabetica; Unger: Exanth. p. 3. — Honning Dugen, Fabricius Kiobenh. 1774. — Le Givre, Adans, cit. bei Seetzen: Sistematarum generaliorum de morbis plantarum. Göttingae 1789.

[2]) Pflanzenpathologie, 1841, S. 217.

Unterseite der Blätter, der Honigthau dagegen vorzugsweise auf der Oberseite auftritt; jedoch ist dies allerdings kein sehr sicherer Beweis, da die Blattläuse von der Unterseite des nächst höheren Blattes die Oberseite des darunterliegenden bespritzen können. Reaumur entwickelte eine, später von ihm selbst zurückgenommene, neue Ansicht, indem er meinte, der Honigthau flösse aus den Wunden der Pflanzen, welche durch den Stich der Läuse hervorgebracht würden. An diese Meinung schließt sich die Angabe, daß der Honigthau ein in der Pflanze erzeugtes, krankhaftes Produkt sei, welches allmählich ausgeschieden würde. Gestützt ist dieser Ausspruch durch die sich immer mehrenden Beobachtungen von Honigthau an isolirten Pflanzen im Freien und im Zimmer, an denen keine Blattläuse sich vorfinden oder doch erst einige Zeit nachher auftreten. In dieser Beziehung interessant ist eine Beobachtung von Hartig im Jahre 1834. Ein Rosenstock, der nicht aus dem Zimmer gekommen, sonderte auf der oberen Epidermis der Blätter kleine Tröpfchen ab, aus denen der Zucker in rautenförmigen oder kubischen Krystallen sich ausschied. Dabei veränderte sich die grüne Farbe des Blattes in eine graue, was durch Verschwinden des Chlorophyll's im Mesophyll der secernirenden Stellen und durch Auftreten heller Tropfen in den Zellen bedingt wurde. Treviranus[1]) fand ebenfalls mehrfach solche zuckerige Ausscheidungen bei warmer, anhaltend trockner Luftbeschaffenheit, sowohl im Freien, wie in Gewächshäusern, an Weißpappeln, Linden, Orangenbäumen, Disteln (Carduus arctioïdes) und führt noch ältere Beobachtungen von Lobel, Pena, Tournefort u. A. an, wonach Honigthau auf Oelbäumen, Ahornarten, Wallnüssen, Weiden, Ulmen und Fichten vorkommt. Er und nach ihm Meyen haben sich überzeugt, daß die zuckerhaltigen Tropfen direkt von den Epidermiszellen ausgeschieden werden, wobei der erstere Beobachter noch hinzufügt, daß die Spaltöffnungen bei dieser Sekretion nicht betheiligt sind. Weitere Bemerkungen über Honigthau auf sehr verschiedenen Pflanzen, namentlich auf Eichen, lieferte später Gasparrini[2]).

In neuerer Zeit ist der Honigthau von Boussingault an den Linden und von Zöller[3]) an der Traubenkirsche (Prunus Padus) chemisch untersucht worden. Die qualitative Zusammensetzung beider Sekrete stimmt überein. Boussingault fand aber den zu zwei verschiedenen Zeiten gesammelten Honigthau in den Mengenverhältnissen der einzelnen Stoffe verschieden, woraus ersichtlich ist, daß nicht immer das Sekret gleiche prozentische Zusammensetzung hat. Aber auch die Qualität scheint sich zu verändern; denn während Boussingault nur Rohrzucker (48—55 %), Invertzucker (28—24 %) und Dextrin (22—19 %) fand, giebt Langlois im Honigthau der Linde außer-

[1]) Physiologie der Gewächse, 1838, Bd. II, Th. 1, S. 35—37.

[2]) Sopra la melata o trasudamento di aspetto gommoso etc. Bot. Zeit., 1864, S. 324.

[3]) Oekonom. Fortschr. 1872. Nr. 2, S. 39.

dem noch Mannit (eine aus Wasser und Alkohol gut krystallisirende Zuckerart) als Bestandtheil an.

Wahrscheinlich verhalten sich die Honigthauarten auf den verschiedenen Pflanzen, wie Weiden, Eschen, Lärchen, Rhododendron, Nußbäumen, ähnlich in ihrer qualitativen Zusammensetzung, da man auch bei anderen zuckerigen Ausscheidungen von Pflanzen, wie z. B. bei dem Manna der Bibel, dessen Entstehungsursache man im Stich von Coccus manniparus vermuthet, die gleichen Stoffe, wie bei dem Honigthau der Linde fand. Dieses Manna, das jetzt noch von den Mönchen auf dem Sinai gesammelt wird, stammt von einer Tamarix und enthält nach Berthelot 55 % Rohrzucker, 25 % Invertzucker.

In Betreff der Ursache dieser Ausscheidung, welche übrigens Boussingault nur auf den Flächen zwischen den Rippen, nicht auf diesen selbst austreten sah, wird auch von diesen letzteren Beobachtern betont, daß der Honigthau in sehr warmen und trocknen Jahren erscheint und nicht von Blattläusen herrühre, was Harting in neuerer Zeit wiederum behauptet. Bestätigt wird in dieser Beziehung die Boussingault'sche Ansicht durch Follie[1]), der zuckerhaltige Ausschwitzungen an den Bäumen der Promenaden von Metz alljährlich beobachtet hat. Mit Beginn des Sommers fließt der Zuckersaft in Tropfen von den Blättern. Die untersten Blätter der Bäume werden zuerst von der Krankheit befallen, werden braun und fallen ab. Die untern Seiten der Blätter sind mit Blattläusen bedeckt, welche erscheinen, sobald der Zuckersaft zu fließen beginnt. Es können aber nicht die klimatischen Verhältnisse als einzige Ursache angesehen werden, sondern es muß noch eine Veranlassung da sein, die wahrscheinlich im speziellen Standort oder in der einzelnen Pflanze zu suchen ist, da bisweilen nur einzelne Individuen zwischen gesund bleibenden Pflanzen erkranken. Möglich, daß, wie Hallier[2]) glaubt, eine Wurzelverletzung vorangeht; es dürfte aber wahrscheinlicher sein, daß die Wurzeln solcher erkrankenden Pflanzen arme, steinige Bodenschichten erreichen und nicht mehr im Stande sind, die normale Wasser- und Nährstoffmenge den besonders in heißer, trockner Jahreszeit stark transspirirenden und assimilirenden Blattorganen zuzuführen, wodurch eine Verwandlung der für andere Zwecke bestimmten Kohlehydrate in Zucker stattfindet.

Daß intensive Beleuchtung dabei wirksam sein kann, wird auch durch neuere Beobachtungen bestätigt und geht schon aus einer Beobachtung von Raoult[3]) hervor, der die Umsetzung von Rohrzucker in Traubenzucker durch alleinigen Lichteinfluß nachwies. Von neueren Beobachtungen ist hervorzuheben, daß Hocker[4]) den Honigthau an der Linde aus etwas geschwollenen Blattstellen hervorbrechen

---

[1]) Chemisches Centralbl. 1872, S. 246.

[2]) Phytopathologie, S. 93.

[3]) Referat von Zöller in Oekonom. Fortschr. 1872. Nr. 3, S. 66.

[4]) Kalender: Die Bildung des Honigthaues. Landwirthsch. Centralbl. 1873, Heft 10.

gesehen, sowie daß Hoffmann[1]) ihn auf der Unterseite von Camellienblättern beobachtete und daß namentlich die jüngeren Blätter der im Zimmer stehenden Pflanze soviel ausscheiden, daß das (hier meist aus Gummi bestehende) Sekret in Tropfen herabfiel. Ich selbst[2]) fand ihn dagegen auf den älteren Blättern meiner in Wasserkultur befindlichen Birnensämlinge im heißen Sommer des Jahres 1874, ohne wesentliche Blattverfärbung, so daß eine Bestätigung der von Th. Hartig[3]) geäußerten Ansicht, wonach das Grünmehl (Chlorophyll) direkt in Zucker umgewandelt würde, sich nicht entnehmen ließ.

Wichtig für die Erklärung dieser bereits sehr lange[4]) beobachteten Krankheit ist der Umstand, daß der Honigthau sich auf Pflanzen auch gezeigt hat, die ihr ganzes Leben hindurch mit den Wurzeln im Wasser gestanden haben. Daraus geht hervor, daß der Wassergehalt des Bodens unter Umständen irrelevant ist. Dies wird dann der Fall sein, wenn die Witterung so heiß und die Transspiration so stark ist, daß der Stengel nicht im Stande ist, den Verdunstungsverlust zu decken. Es nützt dann nichts, daß die Wurzeln im Wasser sich befinden, und die Störung im Wassergehalt der oberirdischen Organe, sowie die damit verbundene Concentration des Zellsaftes treten grade so gut ein, als wenn ein geringerer Transspirationsbedarf bei minder heißem Wetter darum nicht gedeckt werden kann, weil die Wurzeln in dem trocknen Boden nicht im Stande sind, genügend Wasser aufzunehmen.[5])

---

[1]) Hoffmann: Ueber Honigthau. Separatabzug. 1876.

[2]) Sorauer: Neuere Beobachtungen über Pflanzenkrankheiten. Landw. Centralblatt 1875, S. 26.

[3]) Hartig: Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. 1878, S. 100.

[4]) s. Plinius: historia Buch XI, p. 30; Muschenbroek: Instit. phys. § 1527; Hanow: Physica dogmatica II, § 375; Leche in Honungs Doggers Historia, Bd. 24 der Abh. d. kgl. schwed. Akad. d. Wissensch., cit. von Lamprecht: der Hopfen. Inauguraldissert. Göttingen 1874.

[5]) Eine Concentration des Zellsaftes ist auch von praktischen Züchtern beobachtet worden. Ein Hopfenzüchter berichtet*), daß er den Honigthau als eine krankhafte Ausschwitzung betrachten möchte, welche entstehe, wenn nach heißen Tagen kalte Nächte folgen. „Jeder kann sich überzeugen, daß, während der Saft eines gesunden Blattes, das keinen Honigthau zeigt, dünnflüssig und ätzend ihm, wenn er es abbricht, entgegenspritzt, der Saft eines Honigthaublattes dagegen eine ganz verschiedene „träge" Beschaffenheit hat." „Jeder kann beobachten, daß der Stiel eines honigthaufreien, gesunden (Hopfen-)Blattes spröde glasartig abkracht, während dagegen der Stiel eines Honigthaublattes sich biegt und wehrt, bei länger fortgeschrittener Krankheit sich sogar drehen läßt."

Daß auch die Beobachtung des Verschwindens von Honigthau nach längerem Regen ziemlich alt ist, zeigt eine Stelle des Peter Laurenbergus**). Derselbe schreibt in seiner dem König Gustav Adolf gewidmeten Schrift: „Huc pertinet stillicidium serenum (Mehltaw) aqua guttatim destillans, tenuissimae pluviae instar, circa Mar-

---

*) Allgem. Hopfenzeitung Jahrg. 1874, Nr. 85.

**) Horticultura 1631, S. 137.

Das Ausfrieren.

Eine besonders den lockeren Bodenarten zukommende Schädigung der Vegetation besteht in dem leichten Erfrieren der Saaten, das der Landwirth (häufig in Verbindung mit dem Aufziehen) als „Auswintern" bezeichnet. Außer den Getreidesaaten sind es vorzugsweise Raps und Klee, welche dem Auswintern ausgesetzt sind. Man findet auf schweren Bodenarten manchmal Kiesrücken oder Sandstellen, auf denen die Saat durch Frost gelitten hat, während rings umher im schweren Boden eine Schädigung nicht wahrzunehmen ist, mit Ausnahme der tiefen Löcher, in denen der lange zusammengeweht liegen gebliebene, Krusten bildende Schnee ein Ausfaulen veranlaßt hat.

Frostböden sind in erster Linie Sand- und Humusböden; doch sind Beschädigungen, welche die junge Vegetation schwerer, kräftiger Böden treffen, ebenfalls nicht selten. Die Vorgänge sind in den verschiedenen Bodenarten aber verschieden. Jedoch liegt die Verschiedenheit nicht, wie man vermuthen sollte, vorzugsweise in der verschiedenen Wärmecapacität der Bodensubstanzen selbst begründet, sondern maßgebend ist der Gehalt an Wasser, das bekanntlich die größte Wärmecapacität besitzt. Setzt man das Wärmebindungsvermögen des Wassers gleich 1, so ist nach Lang's[1]) Zusammenstellung die Wärmecapacität für die gleiche Bodengewichtsmenge (nicht das gleiche Bodenvolumen) bei Humus (Torf) circa 0,5. Die andern Bodenbestandtheile stehen weit zurück gegen den Humus und sind unter einander nicht sehr wesentlich verschieden. So beträgt die Wärmecapacität für Kaolin 0,233, für weißen Thon

garetae aut Jacobi, sole sereno et splendente, vehementer nocens vitibus, lupulo. frugibus, aliisque. Cum enim solares radij in guttas incidunt, educitur ex iis omnis foecunda humiditas et spiritus vegetans, remanetque acre corpus, quod in folia, flores, fructus decidens, amburit ea et funditus corrumpit. Nisi fors pluvia grandiore, mox subsequente, in malum abluatur." — Ein vielgelesener Schriftsteller des vorigen Jahrhunderts, Philipp Miller*) empfiehlt auch bereits das bis auf die Jetztzeit immer noch am meisten Erfolg gebende Mittel, indem er sagt: Das beste Mittel, dessen gute Wirkung wider dieses Unheil mir bekannt ist, besteht darin, daß man die Bäume von Zeit zu Zeit mit gemeinem Wasser besprenge und abwasche."

Eine eigenthümliche Beobachtung liegt aus Westindien vor. Es sollen dort**) die Blumen des Mangobaumes (Mangifera indica) abfallen, ohne Frucht anzusetzen, wenn während der Blüthezeit trübes Wetter eintritt, und bald nach diesem Blüthenabfall sind die Blätter mit Honigthau bedeckt. Die Erscheinung tritt stellenweis jedes Jahr auf. Vielleicht ist es in diesem Falle der zur Ernährung der Frucht bestimmte Antheil der Reservenahrung, der nun die höhere Concentration des Zellsaftes der Blätter verursacht und dadurch Veranlassung zum leichten Eintreten des Honigthaues giebt.

[1]) Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik, Bd. I., S. 109.

*) Gärtner-Lexikon oder Englisches Gartenbuch. Nürnberg 1750, S. 131.

**) Gardener's Chronicle 1881 I., S. 20.

0,241, für Marmorpulver 0,214, für Kalkspath von 0,204—0,208, für kohlensauren Kalk 0,271, für Quarzsand 0,196, für Kiessand 0,190, für chemisch reinen Quarz 0,188—191 im Verhältniß zum Wasser. In der Praxis ist die durch ein bestimmtes Bodengewicht gebundene Wärmemenge weniger ausschlaggebend, als die durch gleiche Volumina zurückgehaltenen Mengen. Nach dem Volumen berechnet, rangiren die Bodeuconstituanten natürlich anders; die Unterschiede gleichen sich noch mehr aus. Der Torf, bei dem dasselbe Gewicht bei seiner Lockerheit ein so großes Volumen einnimmt, büßt die oben angeführte große Wärmecapacität ein. Je lockerer ein Boden gemacht wird, je weniger also Substanz in einem bestimmten Volumen ist, desto weniger werden die einzelnen Mineralbestandtheile die Wärmecapacität der Ackerfläche beeinflussen, desto mehr werden also die Luftschwankungen im Boden sich wiederholen. Für lufttrocknen Boden tritt nach Liebenberg[1]) die Substanz der Mineralien, die diesen Boden zusammensetzen, ganz in den Hintergrund, da sie alle die gleiche Ausstrahlung besitzen sollen. L. erklärt sich diesen Befund durch die Annahme, daß alle lufttrocknen Erden mit einer hygroskopischen Wasserschicht umkleidet sind und daß daher eigentlich diese Wasserhüllen die Wärme ausstrahlen.

Aus dem Vorhergehenden ergiebt sich, daß die absolute Fähigkeit des Bodens, größere oder geringere Quantitäten Wasser festzuhalten, für die Erwärmung und Abkühlung maßgebend ist.

Der Sand hat an und für sich geringe Wärmecapacität; wird derselbe nun noch gelockert, wodurch noch weniger Substanz auf ein bestimmtes Volumen geht, dann wird die gespeicherte Wärmemenge noch geringer in ihrem Einfluß, zumal bei der geringen wasserhaltenden Kraft die wärmeausgleichende Wirkung des Wassers fast ganz fehlt.

Umgekehrt verhält sich der Thonboden, der daher recht häufig zu lockern ist. Bei Kalkböden wird der Untergrund maßgebend; besteht derselbe aus Kreide oder einem andern stark Wasser auffaugenden Gestein, so werden diese Böden wenig produktiv und bei ihrer Trockenheit durch starke Temperaturschwankungen gefährlich. Bei Humus in größerer Mächtigkeit drohen mehrfache Beschädigungen. Liegt er feucht und, wie im Waldboden, schattig, so hält er viel Feuchtigkeit in sich zurück und theilt dann die langsame Erwärmbarkeit des Thonbodens und dessen geringere tägliche und jährliche Temperaturschwankungen. Bei freier Lage in der Form von Torf zeigt er bei dem Feuchtigkeitswechsel bald ein Aufschwellen, bald ein Schwinden. Der eindringende Frost hebt mit Leichtigkeit die gefrierende, äußere Schicht ab, und diese reißt die Wurzeln der Kulturpflanzen entzwei. Die obere Schicht trocknet leicht aus und wird dann für Temperaturschwankungen um so empfindlicher.

Im praktischen Betriebe kommen reine Bodenarten, wie sie hier charak-

---

[1]) Sohren: Boden und Atmosphäre. Leipzig 1877, S. 101.

terisirt sind, nicht vor, sondern immer Gemenge. Ihre Gefährlichkeit für die Kultur ist nach ihrer Lockerheit und wasserfassenden Kraft zu beurtheilen. Alle Bodenarten mit grobem Gefüge sind gefährlich, wenn es sich besonders um Abkühlung durch Strahlung der Oberfläche handelt wie der kiesige Sandboden oder auch der an unverwesten Stengeltheilen reiche, sich leicht erwärmende und abkühlende, die Pflanzen allen Schwankungen der Atmosphäre aussetzende Haideboden, wenn dieselben nicht auf nassem Untergrunde ruhen. In letzterem Falle ändert sich die ganze Sachlage. Sobald die Böden feucht sind, werden sie durch die hohe Wärmecapacität des Wassers langsam abkühlbar und zwar um so langsamer, je dichter die Bodenpartikelchen gelagert sind. Ein instruktives Beispiel liefert Haberlandt[1]), der dieselbe Erde in theils lockerem, theils festgestampftem Zustande in je 1500 ccm fassende Zinkkästchen füllte, von denen eine Hälfte jeder Abtheilung befeuchtet wurde. Die sämmtlichen Zinkkästchen wurden in eine Kältemischung versenkt und $2^1/_4$ Stunde darin belassen. Die im Mittelpunkte jeder Erdprobe befindlichen Thermometerkugeln ergaben

	Trockener Boden		feuchte Probe	
	locker 1560 g	festgest. 1960 g	locker 1630 g	fest 2290 g
Anfangst.	+ 11,0° C.	+ 12,5° C.	+ 10,5° C.	+ 14,0° C.
nach 1/4 Stunde	+ 6,0 „	+ 8,5 „	+ 8,8 „	+ 8,0 „
„ 3/4 „	− 1,0 „	− 2,0 „	+ 0,7 „	+ 0,9 „
„ 5/4 „	− 6,3 „	− 9,0 „	− 2,9 „	− 0,9 „
„ 7/4 „	− 10,3 „	− 13,8 „	− 3,3 „	− 1,0 „
„ 9/4 „	− 12,0 „	− 16,6 „	− 3,4 „	− 1,0 „

In derselben Zeit war also bei derselben Erde eine Differenz von 15° in der Abkühlung lediglich durch den Wassergehalt hervorgerufen worden. Bei dem trocknen Boden erklärt sich die Differenz zwischen dem lockeren und festen Zustande durch die Leitung der Substanz, die bei dichterem Gefüge schneller die Wärme abgab. Trotzdem ist der Erdboden ein schlechter Leiter, wie aus dem Vergleich der Temperatur in einem bei obigem Versuche beigefügten Zinkkästchen hervorgeht, das mit festgestampfter Baumwolle, die doch als schlechter Wärmeleiter bekannt, angefüllt war. Von einer Anfangstemperatur von + 17° C. sank das Thermometer in 9 Viertelstunden auf — 19,5° C.

In den trocknen Bodenarten erfrieren die Pflanzen also am leichtesten und zwar, wenn es sich um Auswintern der Saat durch Eindringen hoher Kältegrade in den Boden handelt, wird der feste, besser leitende, trockne Boden noch gefährlicher als der lockere.

An diese extremen Versuchsergebnisse seien einige thatsächliche Beobachtungen über die Schutzkraft, welche das Wasser dem Boden gegen das Eindringen der

[1]) F. Haberlandt: Ueber das Auswintern des Getreides durch Frostwirkung und über den Einfluß der Bodenbeschaffenheit auf dasselbe. Wiener landw. Zeitung 1874, Nr. 14.

Kälte zu gewähren im Stande ist, geknüpft. Hoßfeldt[1]) beobachtete in der ersten Hälfte des Jahres 1882 die Temperatur der Luft, der Bodenoberfläche, in der Krume und in den tieferen Schichten bei einem Lehmboden und fand

Monatsmittel im	2 m über der Bodenoberfläche	1 m über der Bodenoberfläche	an der Oberfläche Minimumthermom.	im Boden 1/8 m	im Boden 2/8 m	im Boden 1 m	im Boden 2 m
Januar	— 2,85°C.	—2,88°C.	—5,18°C.	+0,43°C.	+1,53°C.	+2,49°C.	+4,27°C.
Februar	— 2,27	—2,28	—5,48	+0,12	+0,84	+1,75	+3,66
März	+ 1,43	+2,69	—1,56	+4,80	+4,66	+4,35	+4,40
April	+ 7,13	+3,00	+0,10	+7,15	+6,61	+6,05	+5,55
Mai	+11,98	+6,70	+3,13	+10,96	+9,88	+8,93	+7,53
Juni	+14,00	+9,04	+7,66	+13,32	+12,52	+11,57	+9,48

Demnach ist in dem ganzen Halbjahr der Frost (in Kranichfeld) nicht bis 33 cm Tiefe in den Boden gedrungen. Die Bodenwärme strömte unaufhörlich aus der Tiefe aufwärts bis zum 12. März, wo sämmtliche Thermometer gleich standen, und von wo ab die Bodentemperatur wieder von der Sonnenwärme stieg. Der Grund, weßwegen die Abkühlung der Bodenschichten so langsam erfolgte, ist darin zu suchen, daß der Boden bei seinem Reichthum an Wasser während des Gefrierens desselben immer wieder Wärme empfängt, die bisher im Wasser gebunden war und beim Gefrieren desselben frei wird.

Die Gefährlichkeit des Sandbodens liegt in seiner schnellen Abkühlung bei Nacht, in Folge dessen das Wasser in ihm auch schneller gefriert. Wie sehr die Abkühlung durch Strahlung die Temperatur der Bodenoberfläche herabmindert, sehen wir an der vorstehenden Tabelle. Bei Sandboden ist eine derartige Temperaturerniedrigung um so gefährlicher, da die Vegetation durch die erhöhte Tagestemperatur schneller sich entwickelt. Daher die grade hier manchmal auffälligen Beschädigungen durch Frühjahrsfröste.

Es ist aber auch ein Ausfrieren auf stark wasserhaltigem Boden bisweilen eher als auf trocknem Boden beobachtet worden. Der reiche Wassergehalt des Bodens giebt bei reichlichem Nährstoffvorrath Veranlassung zu einer weit üppigeren Entwicklung der Saat, deren Blätter breiter und länger, deren Wurzeln dicker und saftiger als auf trocknem Boden erscheinen. Wenn bei allmählichem Sinken der Temperatur die Pflanzen zur normalen Winterruhe gelangen, wird ein scharfer Frost in seltenen Fällen von Nachtheil sein. Bisweilen tritt aber eine strengere Kälte plötzlich ein, und die Pflanzen, welche durch ihren Wasserreichthum viel länger zu Neubildungen angeregt und viel weniger ausgereift sind, unterliegen dem Frost, während auf trocknem Boden die ausgereiften Pflanzen glücklich widerstehen.

[1]) Hoßfeldt: Beobachtungen über die äußere Lufttemperatur in Vergleichung mit der Erdwärme im Lehmboden. Thüring. Landw. Zeit. 1882 Nr. 14, cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agrik.-Chem. 1883, S. 562.

Nach der Wiener landw. Zeitung (citirt in Fühling's N. landw. Zeit. 1871, Heft 7, p. 551) hat man bei dem im Winter 1870 stark auftretenden Auswintern von Roggen- und Weizensaaten die Erscheinung beobachtet, daß neben einander liegende, mit demselben Saatgut bestellte Felder sich sehr ungleich gegen den Frost verhalten haben. Als Erklärung fand man, daß die früh besäeten Felder widerstandsfähigere Pflanzen gaben, was auf ein besseres Ausreifen schließen läßt. Auch zeigten sich die mit der Maschine besäeten Felder als besser durch den Winter gekommen, wie diejenigen, die mit der Hand breitwürfig besäet waren. Erstere Erklärung scheint im Widerspruch mit einer Beobachtung Körnicke's zu stehen, der in demselben Jahre in der Rheinprovinz fand, daß die üppig entwickelten, älteren Blätter von Weizen- und Gerstenpflanzen zuerst erfroren und erst später durch wiederholtes, nasses Einfrieren auch die jüngsten Blätter getödtet wurden. Der Widerspruch wird sich durch die Annahme lösen, daß der Tod durch jähes Aufthauen erfolgt. Als die älteren Blätter noch lebendig bei den Körnicke'schen Pflanzen waren, schützten sie durch ihre schlechtere Leitung die eingeschlossenen Herzblättchen vor dem schnellen Temperaturwechsel. Der Schutz fiel fast weg, sobald durch den ersten Frost die alten Blätter getödtet waren, also schlaff sich aus einander bogen.

Ebenso deutlich zeigt sich dieses Verhältniß in manchen Baumschulen, welche auf schwerem Boden angelegt worden sind. Bei sonst freier sonniger Lage erfrieren nach nassen Sommern häufig die Birnen, während dieselben Sorten auf Sandboden glücklich durch den Winter kommen. Im ersteren Falle zeigen dieselben bis in den Spätherbst hinein ein fortwährendes Weiterwachsen der Zweige bei allmählich immer kleiner werdenden Blättern. Der Gärtner, der das Erfrieren unter solchen Umständen voraussieht, sucht sich dadurch zu helfen, daß er im Herbst die Zweige entlaubt oder auch wohl die Zweigspitzen erst einmal um ihre Achse und dann nach unten dreht. Durch die hervorgebrachte Zerstörung des Zusammenhanges im Gewebe der gedrehten Stelle wird das Spitzenwachsthum des Zweiges unterbrochen und auf diese Weise die Ruhe künstlich herbeigeführt. Auch hier wird die Drainage die beste Abhülfe verschaffen. Ob Schutzpflanzungen auf der Seite, von der die herrschenden Winde kommen, von Nutzen sind, läßt sich mit Sicherheit nicht angeben, da die Erfahrungen über diesen Punkt sehr widersprechender Natur sind. Wind, der bei warmem Wetter beginnt und die Pflanzen durch starke Verdunstung wasserärmer macht, wird nützlich wirken.

Namentlich scheinen bei üppigem Raps sich warme Winde zur Zeit des Eintritts der Frühjahrsfröste nützlich zu erweisen. Wegen seiner schnell erwachenden Vegetation bei noch verhältnißmäßig niederer Temperatur möchte es sich empfehlen, auf frostgefährlichen Böden den Raps spät (Ende August oder Anfang September) auszusäen, um die Pflanze nicht zu üppig werden zu lassen.

Bei dem Auswintern des Klees kommt wohl nur die andauernde Winter-

kälte in Combination mit Winternässe in Betracht. Es ist hier und da der amerikanische Rothklee als winterhärter empfohlen worden. Die Versuche der Kopenhagener Samen-Controllstation [1]) haben aber diese Empfehlung keineswegs bestätigt, sondern den europäischen Klee für besser hingestellt.

3. Ungünstige chemische Bodenbeschaffenheit.

a) Die Absorptionskraft des Bodens.

Untrennbar von der Betrachtung der physikalischen Eigenschaften eines Bodens ist die Rücksichtnahme auf das chemische Verhalten, da beide Eigenschaften einander fortwährend beeinflussen und modifiziren. Der Grad der Beeinflussung ist bei den einzelnen Bodenarten außerordentlich verschieden; je reicher dieselben an Nährstoffen, desto schneller im Allgemeinen die Veränderungen. Die Anreicherung des Bodens mit einzelnen Pflanzennährstoffen hängt bei gleicher Zufuhr von der Absorptionskraft des Bodens ab, also von der Fähigkeit, die zugeführten Stoffe sowohl durch Flächenanziehung (organische Verbindungen), als auch durch chemische Reaktionen (anorganische Verbindungen) festzuhalten. Die chemische Thätigkeit ist die weitaus größte.

Die Pflanzenwurzel profitirt auch von diesen festgehaltenen Nährstoffen, in erster Linie aber von der zwischen den Bodenpartikelchen befindlichen Bodenlösung, die in ihrer Concentration außerordentlichen Schwankungen ausgesetzt ist.

Die Schwankungen werden sich zunächst auf diejenigen Nährstoffe beziehen, welche vom Boden wenig oder gar nicht absorbirt werden; dahin gehört die wichtige Salpetersäure. Auch Schwefelsäure und Salzsäure werden nicht festgehalten; andere Säuren dagegen, wie Kiesel- und Phosphorsäure werden ebenso gut absorbirt, wie die für das Pflanzenwachsthum wichtigen Basen: Ammon, Kali, Kalk und Magnesia.

Die gelöste Phosphorsäure jedoch, welche wir dem Boden zuführen, wird von demselben schnell durch die Erden und Schwermetalle zurückgehalten, welche mit der Säure in Wasser unlösliche Verbindungen eingehen. Wir finden sie dann als phosphorsauren Kalk und Magnesia und in geringerer Menge als phosphorsaures Eisenoxyd und Thonerde fixirt. Bei der Fäulniß fleischiger Pflanzentheile finden wir meist in den peripherischen Zellschichten (Kartoffeln, Zwiebeln) oder auch schon in der ausgetretenen, jauchigen Flüssigkeit scharfe Prismen, die ich nach ihren Reaktionen für phosphorsauren Kalk ansprechen möchte.[2]) Je mehr wir in einem Boden also zunächst kohlensauren Kalk und kohlensaure Magnesia haben, um so mehr werden wir denselben mit Phosphorsäure sättigen können. Denselben Einfluß werden die Sesquioxydsilikate, die

[1]) Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie 1881, S. 832.

[2]) Sorauer: Der weiße Rotz der Hyazinthenzwiebeln. In: „Der Deutsche Garten" von Wittmack. 1881, S. 193.

bei der Verwitterung Thonerdehydrat und Eisenoxydhydrat liefern, ausüben. Haben wir Gips im Boden, dann kann derselbe allmählich Phosphorsäure aufnehmen und dafür seine Schwefelsäure abgeben. In Lösung wird die Phosphorsäure nur dann den Wurzeln direkt zugänglich sein, wenn sie an Alkalien gebunden ist.

Das Kali spalten die Erden von den stärksten Verbindungen mit Salzsäure, Schwefelsäure und Salpetersäure ab und halten es stark zurück, wenn namentlich die obenerwähnten Thonerde- und Eisenoxydhydrate und zugleich wasserhaltige Silikate vorhanden sind. Genannte Verbindungen ohne Anwesenheit solcher Silikate absorbiren sehr wenig, dagegen wieder reichlich in Form von phosphorsaurer Thonerde und Eisenoxyd. Humussaure Salze und kohlensaurer Kalk oder Magnesia nehmen auch wenig oder nichts von Kali auf.

Ebenso negativ verhalten sich die Carbonate dieser Erden und auch der Gips[1]) gegen das Ammoniak. Stark verwitterte Silikate und humussaurer Kalk[2]) absorbiren dagegen stark. Bretschneider berechnete, wieviel Stickstoff in Form von Ammoniak ein Hectar gewisser Bodenconstituenten aus der Luft aufzunehmen im Stande sei, und fand an Kilo bei

reinem Quarz	1,619
„ „ mit 1 % Ulmin	7,008
„ „ „ 5 % „	46,041
reinem Ulmin (?)	6,495
Eisenoxyd	12,495
Kohlens. Kalk	3,286
Gips	0,295
Wasserfläche	0,814

Die Frage über die Verwerthung des Stickstoffs der Luft spielt in der neuesten Zeit eine ganz hervorragende Rolle. Die meiste Bewegung hat die sogenannte Schulz-Lupitz'sche Theorie hervorgerufen. In einer kleinen Brochüre bespricht Herr Schulz[3]) seine in Lupitz auf Sandboden ohne Zufuhr von stickstoffhaltigem, thierischem Dünger erzielten Erfolge bei Halmfrüchten. Den Stickstoff für diese Ernten meint S. durch den Anbau sogenannter Stickstoffsammler (Leguminosen wie Lupinen und Klee), also Tiefwurzler in genügender Menge und die wiederholte Beigabe von Kainit zu erlangen. Dem Kainit wird darin die Rolle nicht nur des Stickstofferhalters, sondern auch eines Stickstoffsammlers zugesprochen, der die Lupinengründüngung ergänzt. Animalischen Dung verwendet S. lediglich zu Hackfrüchten. Alle als Vorfrüchte

[1]) Gohren a. a. O., S. 121.

[2]) Nach Versuchen von Eichhorn (Jahresb. f. Agrikulturchemie 1875/76, S. 45) nahmen Humussäure, aus Torf dargestellt, humussaurer Kalk und brauner Torf (auch nach Behandlung mit Salzsäure) aus Chlorammonlösung stark Ammon auf.

[3]) Die Kalidüngung auf leichtem Boden.

angebauten Leguminosen werden mit 3 Ctr. **Kainit** (Erbsen und Wicken, außerdem noch mit 20 Pfd. Phosphorsäure als Knochenmehl oder Superphosphat) pro Morgen gedüngt; das auf diese Vorfrüchte folgende Halmgetreide erhält dieselbe Düngung. Der Sandboden war vorher gemergelt worden.

Die hier zum Ausdruck gebrachte Anschauung, daß der Kainit als Stickstoffsammler anzusehen sei, ist nicht begründet, wohl aber die Empfehlung dieses Düngemittels als Stickstofferhalter, dessen Bedeutung gerade für Sandböden deßhalb nicht zu unterschätzen ist.

Die Wirkung des Kainits in dieser Richtung beruht im Wesentlichen auf seinem Gehalt an schwefelsaurer Magnesia und Chlormagnesium; das schwefelsaure Kali ist hierbei grade nebensächlich.

Die schwefelsaure Magnesia bindet vorzüglich die Basis im kohlensauren Ammoniak und bildet schwefelsaures Ammoniak. Wenn nun, wie bei **Schulz-Lupitz**, der durch Kainit erfolgten Magnesiazufuhr noch eine Phosphatdüngung vorangegangen ist, dann entsteht noch der größere Vortheil, daß sich an Stelle des leicht löslichen schwefelsauren Ammoniaks die schwerer lösliche phosphorsaure Ammoniakmagnesia bildet. Somit ist der Stickstoff in der besten Form dem Acker erhalten, während er in leichter löslichen Formen viel eher dem Acker verloren geht.

Von diesem Gesichtspunkte aus erklärt sich auch die vortheilhafte Wirkung des Kainits in Ställen; derselbe bindet eben das Ammoniak viel prompter, als der häufiger angewendete Gips, der durch Umsetzung zwar auch das nicht flüchtige, schwefelsaure Ammoniak bildet, aber viel langsamer wirkt, als man im Allgemeinen glaubt. Aehnlich wie die schwefelsaure Magnesia würde auch schwefelsaures Eisenoxydul wirken. Als Bindemittel würde ferner auch die Moorerde sehr wesentlich in Betracht zu ziehen sein.

Durch den Kainit wird also der Boden indirekt bereichert, indem die Verluste an Stickstoff vermieden werden, und diese sind grade im Sandboden sehr groß, da derselbe wenig absorbirende Stoffe (Humus, Thon) besitzt und der in ihm sich rasch zersetzende Dünger einen Theil des Ammoniaks sich leicht verflüchtigen läßt. Durch den Mangel an absorbirendem Material kann sich der Sandboden auch wenig den Beitrag der Atmosphäre am Ammoniak zu Nutzen machen und auch wenig verhindern, daß der Stickstoff in tiefere Bodenschichten hinabgeschwemmt werde, wo er den Wurzeln nicht mehr erreichbar ist. Daß im Kainit auch noch das Kochsalz als Lösungs- und Verbreitungsmittel für andere Mineralien wirksam sein wird, sei hier nur nebenbei erwähnt.

Für die Absorptionsfrage kommt der Gehalt an Feinerde in Betracht; denn dieser kommt das Absorbirungsvermögen zu. Bei ihr hängt die Größe der Absorption von der Menge der in Salzsäure löslichen Silicate ab. Bei der Absorption der Chlorüre, Sulphate und Nitrate der Alkalien und alkalischen

Erden durch die Ackererde, sagt Bemmelen,[1]) spielen die in Salzsäure löslichen basischen (zeolithischen) Mineralien die Hauptrolle, besonders diejenigen, welche Kalk, Magnesia, Kali und Natron enthalten. Diese Oxyde wechseln am meisten Kalk und Natron, weniger Magnesia, am wenigsten Kali mit denen der Salzlösung.

Ammoniak, Kali und Natron werden stärker absorbirt als ihre Salze; von den Salzen werden die phosphorsauren und kohlensauren am stärksten absorbirt und dabei auch die Säuren aufgenommen. Für die Phosphorsäureabsorption, wenn diese Säure in Superphosphat gegeben wird, kommt der Kalkgehalt des Bodens sehr in Betracht; denn nach Eichhorn[2]) wird diese Säure sehr schnell vom humussauren Kalk, langsamer aber vollständig von saurem, kohlensauren Kalk und Kreide aufgenommen.

Aus diesen wenigen Angaben ersieht man zur Genüge, wie durch den chemischen Auswechselungsprozeß und die Bildung neuer Körper mit anderem Charakter auch die physikalischen Bodeneigenschaften fortwährend geändert werden. Die auffälligsten Eingriffe in dieser Beziehung erleiden unsere Kulturländereien aber durch die Einführung von Stallmist, dessen chemische Zusammensetzung als bekannt vorausgesetzt werden darf. Die Absorptionserscheinungen der aus ihm frei werdenden Verbindungen sind nach dem Vorangeführten zu beurtheilen; dagegen verdient zur Illustration unseres am Anfange des Capitels ausgesprochenen Satzes das physikalische Verhalten des Stallmistes noch einer Erwähnung. Wir citiren in dieser Beziehung die Resultate von Masure,[3]) der einen Vergleich zwischen Stalldünger und Bodenelementen giebt. Es zeigten

	Gartenerde	Sand	staubförmiger Kalk	Thon	Stalldünger
Sättigungscapacität für Regenwasser auf Volumen	0,39	0,33	0,44	0,68	0,56
Der mit Wasser gesättigte Boden trocknete aus pro Tag in mm .	4,20	3,70	3,50	4,30	4,50
Dauer der Austrocknung betrug Tage	3	3	5	7	3
Die Hygroskopicität betrug für 100 g Substanz an Wasser in g . .	5,60	2,10	3,60	7,0	41,0
Die condensirende Kraft (Wirkung der Hygroskopicität) für die Wasserdämpfe der Luft, ausgedrückt in comparativen Höhen des pro Nacht von den lufttrocknen Substanzen condensirten Wasserdampfes in mm .	0,13	0,13	0,05	0,19	0,30

[1]) S. Jahresbericht f. Agrikulturchemie 1878, S. 36.

[2]) a. a. O. 47.

[3]) F. Masure: Ueber die Verdunstung des Wassers der Ackererden aus: Annales agronomiques, cit. Biederm. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1883, S. 2.

	Garten-erde	Sand	staub-förmiger Kalk	Thon	Stall-dünger
Erwärmungsfähigkeit: Comparativer Ueberschuß der Temperatur der trocknen Substanzen über die Temperatur der umgebenden Luft	14,20°	10,70°	9,0	11,50	14,70
Nächtliche Abkühlung, also Temperatur unter derjenigen der umgebenden Luft	—1,60	—1,70	—1,80	—1,80	—0,80
Durchlüftung; Gewicht (g) Sauerstoff, welchen 100 g Substanz absorbiren können	14—18	1,60	10,10	15,30	20,30

Auch dem Humus ist neuerdings durch Grandeau eine ganz besondere Aufmerksamkeit wieder geschenkt worden, insofern als den in Alkalien löslichen Humusstoffen des Bodens eine hervorragende, modificirende Thätigkeit zugeschrieben wird. Obgleich neue Untersuchungen über schwere Thonböden die Anschauungen Grandeau's nicht bestätigen, mag die Theorie dennoch in einer Anmerkung [1]) ihren Platz finden.

[1]) Pitsch: Grandeau's Untersuchungen über die Rolle, welche die organischen Massen des Bodens (Humus) bei der Ernährung der Pflanzen spielen. Landwirthsch. Jahrb. 1879, Bd. VIII, S. 677.

Es kommt in der Praxis der Fall vor, daß 2 Böden von ungefähr gleichen Bestandtheilen mit gleichem Reichthum an Pflanzennahrungsmitteln häufig eine ganz verschiedene Fruchtbarkeit besitzen. Ebenso häufig kommt es vor, daß eine Düngung auf dem einen Boden kräftig wirkt, während sie auf dem andern Boden wirkungslos erscheint; endlich zeigt sich trotz der Wahrheit der Liebig'schen Theorie von der ausschließlichen Ernährung der Pflanzen von anorganischen Verbindungen dennoch immer bei intensiver praktischer Kultur, daß ohne Stalldung die meisten Böden zu einer dauernd rentablen Produktion nicht zu bringen sind.

Diese Thatsachen führten Grandeau zu einer großen Reihe von Untersuchungen über die Stellung des Humus zu den Pflanzennahrungsmitteln. Die aus seiner Arbeit (Recherches expérimentales sur le rôle des matières organiques du sol dans la nutrition des plantes. Annales de la Station agronomique de l'Est.) gezogenen Schlüsse lassen sich dahin zusammenfassen, daß, obwohl die Pflanzenwurzeln ihre Nahrung nicht nur einer Lösung, sondern auch den festen Bodenbestandtheilen bei direkter Berührung entziehen können, eine landwirthschaftlich rentable Produktion auf unsern Kulturböden nicht zu erreichen ist, wenn in letzteren nicht Lösungsmittel vorhanden sind, welche den Wurzeln eine ausreichende Menge Pflanzennahrungsmittel in gelöstem Zustande anbieten.

Es vermittelt nun ein Theil der humosen Stoffe den Uebergang der anorganischen Nahrungsmittel aus dem Boden in die Pflanze und zwar dadurch, daß diese humose Substanz den chemischen Charakter der mineralischen Verbindungen wesentlich modificirt.

Eine solche modificirende Thätigkeit schreibt Grandeau den in Alkalien löslichen Humusstoffen des Bodens zu. Man kann nämlich die Bestandtheile des Humus im Boden sowohl,

Aus den vorgenannten Beispielen über das Verhalten des Kainits im Boden und über die in manchen Punkten von den typischen Bodenarten wesentlich abweichenden Eigenschaften des Stallmistes ist ersichtlich, wie tiefe Umänderungen wir durch die Kultur in dem physikalischen und chemischen Charakter eines Bodens fortdauernd hervorbringen. In jedem Jahre ist das Kulturland ein anderes, als im Vorjahre und die Unterschiede, namentlich durch Düngerzufuhr oft so wesentliche, daß der Charakter der Vegetation geändert wird.

---

wie im Stallmiste in zwei Hauptgruppen zerfällen, von denen die eine in Alkalien, nicht aber in Wasser und Säuren, die andern in Wasser und Säuren, nicht aber in Alkalien löslich ist. Die Stoffe der ersteren Gruppe sind im Boden an Kalk und Magnesia gebunden und lassen sich durch Alkalien erst dann dem Boden entziehen, wenn sie aus ihrer Verbindung gelöst sind (was Grandeau durch verdünnte Schwefelsäure that). Die nach Behandlung mit Salzsäure und Nachwaschen mit destillirtem Wasser vom Kalk befreite Bodenmasse giebt nun an kaustisches Ammoniak die die Fruchtbarkeit vermittelnden Humusstoffe, welche G. „matière noire“ nennt, ab. Es glückte auch schon, diese Substanz aus dem Boden durch direkte Behandlung desselben mit kohlensaurem Ammoniak zu erlangen, dessen Kohlensäure an den Kalk ging, während das Ammoniak in gleichem Verhältniß die matière noire in Lösung bringt.

Die abfließende, gelöste „matière noire“ enthielt die Aschenbestandtheile derartig in Lösung, daß die gewöhnlichen Reagentien, die sonst einen Niederschlag mit Phosphorsäure, Kali, Kalk, Eisen 2c. erzeugen, einen solchen Niederschlag in dem Extrakt nicht hervorbrachten. Eingedampft stellte derselbe eine feinrissige, kohlenstoffreiche, glänzende, in Wasser, Alkohol und Säuren unlösliche Masse dar, die aber wohl in Alkalien löslich wurde.

Verschiedene Kulturböden, welche auf den Gehalt an matière noire untersucht wurden, ergaben nun sehr verschiedene Prozentsätze an dieser Substanz, zwischen deren Menge (oder, noch deutlicher, deren Aschenmenge) in einem Boden und dessen Fruchtbarkeit gewisse Beziehungen unverkennbar waren. Ein Beispiel der verschiedenen Vertheilung zeigt sich in folgender Tabelle:

100 g Erde enthalten in Gramm	Liasmergelboden von Luneville, der bei jährlich reicher Düngung reiche Ernten ergab a	Russische Schwarzerde b	Gartenerde c	Moorboden von Nancy, der bei starkem Stalldung seit Jahren Zuckerrüben producirt d	Vogesensand-Boden, der mit schönen Tannen besetzt war e
Gesammtmenge der organischen Substanz	11,00 %	7,10 %	46,40 %	35,99 %	1,32 %
Matière noire . .	0,94 „	4,20 „	4,27 „	1,00 „	0,11 „
Asche in der matière noire von 100 g Erde	0,12 g = 12,76 %	2,16 g = 51,42 %	0,07 g = 1,63 %	0,02 g = 2 %	0,09 g = 81,81 %

Zwar ändern sich die nicht der Kultur unterworfenen Bodenflächen durch fortschreitende Verwitterung, durch Verwesung der früheren Vegetationsdecken u. dgl. ebenfalls, indeß sind diese Aenderungen so langsam fortschreitende und den Charakter des Bodens so wenig ändernde, daß dieselben außer Betracht gelassen werden können. Es sind daher nur verhältnißmäßig wenige Störungen des Pflanzenlebens zu nennen gewesen, welche, allein von den physikalischen Bodenverhältnissen abhängig, bestimmten Bodenarten eigenthümlich sind und nur ziemlich selten bei Böden einer andern Structur vorkommen. Meist sind dies solche Störungen, bei denen sich der langanhaltende Einfluß einer physikalischen Bodeneigenschaft geltend macht.

Wir haben aber eine viel größere Anzahl von Krankheitserscheinungen, für welche die Ursache auch im Boden gesucht werden muß, aber nicht in einer bestimmten Structur desselben begründet ist, sondern in einer unzuträglichen Combination der Vegetationsfaktoren besteht, welche in allen Bodenarten vorkommt.

Diese Krankheiten sind daher nach der nächstliegenden Ursache ohne Berücksichtigung der physikalischen Bodencharaktere gruppirt worden. So ist beispielsweise bei den Sandböden mit ihrer geringen Absorptionskraft der Fall viel häufiger, daß die Vegetation durch ungenügende Ernährung verkümmert; indeß kann dieser Fall auch bei physikalisch ganz anders gebauten Bodenarten eintreten und auffallende Entwicklungsstörungen verursachen.

Demnach empfiehlt es sich, von dem physikalischen Bodencharakter für jetzt abzusehen und einfach die augenblicklich vorhandenen, chemischen Bodenverhältnisse in Betracht zu ziehen.

b) Wasser- und Nährstoffmangel.

Mangelhafte Gesammtentwicklung durch zu geringe Concentration der Bodenlösung.

Die vieljährigen, erfolgreichen Versuche, die verschiedensten Pflanzen in Wasser oder ausgeglühtem Quarzsande unter Beigabe von Nährstoffen zu ziehen,

---

Ebenso verschieden wie der absolute Aschengehalt ist auch die relative Betheiligung der gesammten Nährstoffe an der Zusammensetzung dieser Asche. Bei der russischen Schwarzerde kamen 8—17 % Phosphorsäure und 6,91 % Kieselsäure, bei dem Boden von Luneville 6,3 % Phosphorsäure und 33,3 % Kieselsäure auf 100 Theile Asche.

Als weiteren Beweis für die Wahrscheinlichkeit seiner Theorie weist Grandeau nach, daß die matière noire zwar nicht die ausschließliche, aber doch eine der Hauptursachen der Bodenabsorption der Pflanzennährstoffe ist. Die russische Schwarzerde zeigte z. B. in einer 100 g wiegenden Probe, der die matière noire entzogen worden war, eine Absorption von 0,105 g Phosphorsäure und 0,00 g Kali aus einer 0,258 % haltigen Phosphorsäure- und einer 0,287 % haltigen Kalilösung, aus welchen 190 g der natürlich belassenen Schwarzerde 0,360 g Phosphorsäure und 0,230 g Kali absorbirten. Für die Richtigkeit seiner Annahme über den Werth und die Wirkung seiner matière noire bringt endlich der Verf. noch Material, welches im Großen und Ganzen eine Uebereinstimmung der Theorie und der Praxis darthut.

haben das Resultat ergeben, daß der Pflanzenleib der Individuen aus den verschiedensten Geschlechtern und Familien zu seinem Aufbau dieselben Elemente überall gebraucht. Es sind die bekannten Nährstoffe: Kalium, Calcium, Magnesium, Eisen, Chlor, Phosphor, Schwefel, Stickstoff, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff; die beiden letzteren Stoffe entstehen durch die Zersetzung des Wassers, welches somit nicht blos Transportmittel für die übrigen Nährstoffe, sondern wirklicher Nährstoff selbst ist. Den Kohlenstoff liefert das Luftmeer.

So ist das Kalium im Boden in Form von wasserhaltigen Kieselsäureverbindungen (Zeolithen) oder als humussaures Salz vorhanden und in diesen Gestalten sehr schwer löslich; diese Salze erfahren durch die Kohlensäure des Bodens oder durch Gips und manche andere Salze eine Umsetzung und werden dann als kohlensaure oder schwefelsaure Salze, am liebsten aber als Chlorverbindungen, aufgenommen. Das Ammoniak, diese wichtige Stickstoffverbindung, sammt der Mehrzahl seiner verschiedenen Salze (mit Ausnahme der salpetersauren Verbindung) dürfte dauernd wahrscheinlich nur von wenigen Wurzeln unserer Kulturpflanzen aufgenommen werden, obgleich Ammoniaksalze für Hefe und andere Pilze bestimmt mit Vortheil als Nahrungsmittel dienen können.[1]) Das Ammoniak erleidet theilweise im Boden bald eine Oxydation zu Salpetersäure und wird dadurch in die für die Pflanzen passendste Aufnahmeform übergeführt. Die Salpetersäure geht dann vielfach an Kali, Ammoniak oder Kalk und bildet mit ihnen die sehr leicht löslichen Salze, von denen ein Theil in kürzester Zeit durch die verwesenden organischen Substanzen zu salpetrigsauren Salzen reduzirt wird.

Das Natrium, das wahrscheinlich nur für einige Pflanzen nothwendiger Nährstoff ist, bietet der Boden meist in Form von Kochsalz dar, dessen zweiter Bestandtheil, das für die Löslichmachung der Stärke erforderliche Chlor gleichzeitig von der Pflanze verwendet wird. Der zur Bindung überschüssiger Säuren und zur Festigung der Zellwände nothwendig scheinende Kalk und die mit den Eiweißkörpern in Beziehung gebrachte Magnesia existiren im Boden meist als kohlensaure, humussaure, phosphorsaure und kieselsaure Salze; als solche sind sie aber wenig zur Pflanzennahrung tauglich wegen ihrer geringen Löslichkeit, die erst eintritt, wenn ihre Säuren durch andere, wie z. B. Schwefelsäure, ersetzt werden oder, wie bei den kohlensauren und phosphorsauren Salzen, ein kohlensäurehaltiges Wasser mit ihnen in Berührung kommt. Das zum kräftigen Ergrünen der Blätter unerläßliche Eisen liebt die Pflanze als phosphorsaures Eisenoxyd. Von den Säuren, die hier in Betracht kommen, dürfte die Kiesel-

---

[1]) Karsten (Vegetationsorgane der Palmen, p. 130) beobachtete die Aufnahme von kohlensaurem Ammoniak durch die Wurzeln von Palmen.

Ville (cit. in Mayer's Agrikulturchemie, p. 171) giebt Chlorammon, schwefelsaures, phosphorsaures und salpetersaures Ammoniak als Verbindungen an, welche von den Pflanzenwurzeln aufgenommen werden.

säure in der Form von kieselsaurem Kali und Natron in die Pflanze eintreten; diese beiden Basen bilden aber auch mit Schwefelsäure aufnehmbare, wenn auch für die Dauer wahrscheinlich nicht immer zusagende Verbindungen. Der Schwefel erscheint von hervorragender Bedeutung, da er als constituirender Bestandtheil der Eiweißkörper anzusehen ist. Das passendste Salz für Einführung der Schwefelsäure möchte der schwefelsaure Kalk (Gips) sein. Die, wie die Magnesia, ebenfalls mit den Eiweißstoffen vermuthlich in Verbindung stehende Phosphorsäure ist im Boden in der Regel in nicht leicht löslichen Verbindungen als phosphorsaurer Kalk, phosphorsaures Eisenoxyd, phosphorsaure Thonerde und phosphorsaure Ammon-Magnesia enthalten. Für das Kalksalz wird kohlensäurehaltiges Wasser des Bodens schon genügen, dasselbe leicht löslich zu machen; dagegen dürften für die anderen Salze das kohlensaure Kali oder Natron, die aus den Zeolithen durch Einwirkung der Kohlensäure hervorgegangen, erforderlich sein, um denselben die Phosphorsäure zu entziehen und in aufnehmbare Verbindungen überzuführen.

Die in passender Aufnahmeform gedachten, mineralischen Pflanzennährstoffe werden nun an die einzelnen Bodentheilchen so lange gebunden sein, als in den Bodenzwischenräumen sich Luft befindet. Bei reichlicher Bewässerung würde das einsickernde Wasser einen großen Theil der leicht löslichen Salze in sich aufnehmen und in dieser Lösung die Wurzel umgeben; die schwer löslichen werden dagegen größtentheils an die Bodenpartikelchen gebunden bleiben.

Wenn der Boden Mangel an einem der genannten Stoffe hat, dann ist eine dauernde Fortentwicklung der Pflanzen überhaupt unmöglich. Pflanzen auf einen solchen Boden gebracht, wachsen wohl eine Zeit hindurch, indem sie die im Samen gespeicherten Nährstoffe verarbeiten, aber mit Beendigung der Umsetzungsprozesse des reservirten Materials stirbt das Individuum.

In der Natur ist der Fall verhältnißmäßig selten, daß einem zerkleinerten Boden ein Nährstoff absolut fehlt; dagegen ist der Fall häufig, daß ein oder der andere Nährstoff in geringen Mengen vorhanden ist. Es nützt dann der Pflanze wenig, daß vielleicht andere, ebenso wichtige Nährstoffe im Ueberschuß sich vorfinden; sie wird in ihrer Produktion still stehen, sobald der irgend erreichbare Vorrath des spärlichst vorhanden gewesenen Nährstoffs verbraucht ist.

Wir dürfen allerdings nicht glauben, daß in dem Augenblicke, in welchem die Wurzel einen der nothwendigen Nährstoffe nicht mehr aufnehmen kann, das Wachsthum aufhört und die Pflanze zurückgeht. Dies ist nicht der Fall, sondern zunächst ändert sich nur der Wachsthumsmodus. Die fortwachsende Spitze entzieht den älteren Organen den irgend löslichen Vorrath und baut mit demselben kümmerlich weiter. Erst nachdem die Pflanze sich selbst erschöpft hat, stirbt sie ab. Dieser Erschöpfungsprozeß deutet sich im Allgemeinen dadurch an, daß die unteren Blätter von der Spitze und dem Rande her gelb, welk und schließlich dürr werden.

Wenn in einem Boden alle Nährstoffe vorhanden, aber in so spärlicher Quantität nur der Pflanze zugänglich sind, daß die Ansprüche der Spezies nicht befriedigt werden, dann stirbt die Pflanze nicht, aber entwickelt sich ungemein dürftig. Bei der Wasserkultur unserer Kohlarten läßt sich ein solcher Zustand sehr leicht beobachten. Grade unsere Kohlarten sind durch die Kultur zu ungemein anspruchsvollen Gewächsen geworden; sie vertragen die höchst concentrirten Bodenlösungen, bei denen Pflanzenwachsthum überhaupt beobachtet worden ist. Wenn dieselben in eine Nährlösung gebracht werden, welche unsern Getreide-Arten noch zur Produktion einer mäßigen Ernte genügt, so bleiben Erstere im Wachsthum fast stehen. Die Blättchen bleiben klein und folgen sehr langsam aufeinander; dabei nehmen sie jene grauröthliche Färbung an, welche solche Gemüsesämlinge zeigen, die auf dürrem Boden überständig geworden sind.

Bei Mais fand Knop[1]), daß die Concentration der Lösung von 1 ‰ zu schwach war und ein Aufreißen der Epidermis der Blätter zur Folge hatte. Die Stellen darunter bildeten später durchsichtige Streifen.

Wir sehen daraus, daß die einzelnen Pflanzengeschlechter, Arten und Varietäten bestimmte, von einander abweichende Concentrationen der Bodenlösungen zu ihrer typischen Entwicklung bedürfen. Die Pflanzen werden bei einer für jede Spezies (unter Voraussetzung einer gleichbleibenden Größe der andern Vegetationsbedingungen) bestimmten Concentration der Bodenlösung ihre höchste Produktion zeigen. Diese Concentration ist die optimale. Die Pflanzen aber gehen nicht zu Grunde, falls sie eine geringere oder höhere Concentration der Lösung im Boden vorfinden; sie erreichen dann nur eben nicht die in den sonst vorhandenen Verhältnissen ermöglichte höchste Produktion.

Auch ändert sich der Wachsthumsmodus des Individuums je nach dem vorhandenen Nährstoffvorrath.

So beobachtete Famintzin[2]), daß die Schwärmsporenbildung bei Protococcus in einer 2 % Nährstofflösung verhindert wird, während sie in ½ % gut von statten geht. Unsere bekannte Spieralge (Spirogyra) wuchs schon in ½ % Lösung nicht weiter, während die Gattung Oedogonium noch in 3 % Lösungen ohne jegliche Krankheitserscheinungen blieb; ja Conwentz[3]) rettete Cladophora-Exemplare noch aus 10 procentigen Lösungen (er arbeitete mit salpetersaurem Kali oder auch mit kohlensaurem Ammoniak) durch sofortiges Einlegen in Wasser und hob so die schädliche Wirkung, die in der Wasserentziehung aus dem Protoplasma und in dessen Contraction beruht, rechtzeitig auf. Bei 10 Minuten langer Einwirkung jedoch zeigte die Pflanze nachher im destillirten Wasser einen vollständig desorganisirten Inhalt.

---

[1]) Jahresbericht für Agrikulturchemie, 1875, S 267.

[2]) Botan. Zeit., 1871, Nr. 46, S. 783.

[3]) Bot. Zeit., 1874, S. 404. Ueber die Einwirkung neutraler Salze auf die Pflanzenzelle.

Sehr interessant sind die Beobachtungen von Magnus[1]) an Fucus vesiculosus, der in seiner niedrigen, schmalblätterigen, blasenlosen Form in der inneren salzarmen Ostsee auftritt, während die Nordsee und der atlantische Ocean die kräftigsten Büsche hervorbringen, welche durch ihre zahlreichen Luftblasen die Steine, auf denen sie haften, aus der Tiefe emporheben. Das noch salzreichere adriatische Meer liefert wiederum kleine und blasenlos gewordene Formen. Delesseria sanguinea zeigt alle Uebergangsformen von der schmal linearischen Form aus den inneren Buchten der westlichen Ostsee bis zur breiten kräftigen Pflanze von Helgoland. Ein anderes Beispiel des Einflusses zu hoher Concentration der Nährlösung bildet Plocamium coccineum, das in der Nordsee kräftig und schön, in dem salzreicheren Mittelmeer dagegen niedrig und zusammengezogen erscheint. Also man sieht, daß auch die Meeresalgen an ein Optimum des Salzgehaltes gebunden sind. Von praktischen, hierher gehörigen Kulturversuchen verdienen in erster Linie die langjährigen Aussaaten von H. Hoffmann[2]) genannt zu werden, welche den Einfluß des Nährstoffmangels auf unsere Kulturpflanzen illustriren. Es gelang z. B. vom braungelb und violett gefärbten, gefüllten Goldlack (Cheiranthus Cheiri L.) durch Aussaat auf ungedüngten, unbearbeiteten Acker einzelne Exemplare zu erziehen, die einfache, gelbe Blüthen hatten. H. erhielt auch einen Kümmerling, der schon kleinere Blumenblätter besaß, sich also der wilden Form (fruticulosus L.) beträchtlich näherte.

Bei Aussaat von Gartenmöhren (Daucus Carota f. sativa) auf schweren, unbearbeiteten Boden gelang es binnen 3 Generationen mehr oder minder vollständig, die wilde Form zu erlangen. Umgekehrt ließ sich durch fortgesetzte Kultur der wilden Mohrrübe (D. C. sylvestris) unter sehr günstigen Nährverhältnissen eine Neigung zum Fleischigwerden nachweisen. Vollkommen erzielt wurde diese Verbesserung des Wurzelkörpers bei denjenigen Exemplaren, welche nur eine Blattrosette ohne Stengel produzirten (also zweijährigen Typus hatten), dagegen nur ausnahmsweise auch bei solchen, welche bereits im ersten Jahre Stengel trieben, sich also einjährig erwiesen.

Unter sonst gleichbleibenden Bedingungen beginnt die Pflanze, die eine ihren Ansprüchen nach zu geringe Bodenlösung besitzt, viel mehr Lösung aufzunehmen und Wasser auszuhauchen,[3]) als bei optimaler Concentration. Man möchte glauben, daß das Individuum größere Anstrengungen macht, die zu seinem Aufbau nöthigen Mineralstoffe herbeizuschaffen. Diese Ansicht wird noch bestärkt durch die Erscheinung, daß thatsächlich dieselbe Pflanze, in eine zu

---

[1]) Botanik und Bernstein. Amtlicher Bericht über die Fischerei-Ausstellung im Jahre 1880. Parey, 1881, Berlin, S. 205.

[2]) H. Hoffmann: Kulturversuche. Bot. Zeit., 1876, S. 545.

[3]) Sorauer: Studien über Verdunstung in Wollny's Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik. Bd. III, Heft 4/5, Bd. VI.

Bei Kirschen ist bekannt, daß dieselben einen gut durchlüfteten, trocknen Boden durchgängig lieben, während dagegen bei Pflaumen, die durchschnittlich auf einem feuchten, schweren Boden besser gedeihen und meist auch süßere Früchte liefern, eine Auswahl der weniger Wasser beanspruchenden Sorten willkommen sein muß. Als Straßenbaum empfiehlt sich die Pflaume schon ihrer Wachsform wegen nicht sehr.

Für trocknen Boden:

Biondeck's Frühzwetsche. Anfang August.
Frühe Aprikosenpflaume. Mitte August.
Anna Lawson. Ende August.
Bunter Perdrigon. Ende August.
Große Reineclaude. Anfang September.
Althann's Reineclaude. Anfang September.
Violette Jerusalemspflaume. Anfang September.
Anna Späth. Mitte September.
Hauszwetsche. Ende September.

Wassermangel.

Ueber den Einfluß des Mangels einzelner Wachsthumsfaktoren sind die Studien im Allgemeinen noch sparsam, obgleich gerade diese die Möglichkeit großer praktischer Anwendung in Aussicht stellen. Theoretisch ist es sicher und durch einzelne, später anzuführende Experimente auch erwiesen, daß jeder Nährstoff in ungenügender Menge der Pflanze während ihrer überhaupt möglichen Entwicklung einen bestimmten Stempel aufdrückt, der sich in der Ausbildung der Organe äußert. Bei dem Experiment, das im Stande ist, künstlich alle Wachsthumsformen gleich bis auf den zu prüfenden zu machen, treten die verschiedenen Habitusbilder bei Mangel verschiedener Nährstoffe auch in die Erscheinung, während sie im praktischen Betriebe durch die Beeinflussung anderer Faktoren meist verdeckt sind.

Ich glaube aber, daß es durch wohlgepflegte Feldversuche auch gelingen dürfte, Habitusdifferenzen festzustellen, welche durch den Mangel eines bestimmten Nährstoffes bedingt sind und so weit in die Augen springend sind, daß es auch dem Praktiker allmählich leicht würde, aus dem Habitus seiner Pflanzen auf gewisse Ernährungsfehler zurück zu schließen. Damit wäre ein großer Fortschritt angebahnt.

Daß eine solche Gestaltsänderung nicht ohne Aenderung der physiologischen Arbeit sich vollziehen wird, steht eigentlich von vornherein zu vermuthen. Es liegen jedoch in dieser Beziehung auch spezielle Beweise vor, welche darthun, daß der physiologische Vorgang der Transspiration, der mit dem Schwitzen des Thierkörpers vergleichbar ist, sich sofort ändert, wenn ein Mangel bei einem der Wachsthumsfaktoren sich einstellt. Wenn die Nährstofflösung zu

wenig concentrirt ist, haben, wie bereits oben erwähnt, die Pflanzen in Rücksicht auf ihre Produktion an Trockensubstanz relativ viel mehr Wasser durch ihren Körper gejagt, als bei passender Concentration; ebenso sehen wir, daß wenn das Stickstoffbedürfniß[1]) nicht voll befriedigt ist, die Pflanzen pro Gramm produzirter Trockensubstanz mehr verdunsten, als bei ausreichender Stickstoffzufuhr. Was für den einzelnen Nährstoff gilt, bezieht sich, soweit bekannt, auf alle Wachsthumsfaktoren mit Ausnahme des Wassers selbst, d. h. es verdunsten mit Rücksicht auf ihre Produktion (also pro Gramm Trockensubstanz) die Pflanzen bei Lichtmangel, bei Wärmemangel ꝛc. mehr, als bei genügender Zufuhr dieser Agentien.[2]) Absolut verdunsten sie weniger, wie die im Vollbesitze aller Fruchtbarkeitsfaktoren vegetirenden Pflanzen, aber relativ sehr viel, da die Produktion an neuer Trockensubstanz bei dem Mangel eines Vegetationsfaktors schneller sinkt, als der an den fertigen Pflanzenleib gebundene (vermuthlich als Oxydationsprozeß aufzufassende) Transspirationsvorgang. Es ist zwischen der Produktion und der Transspiration eine bestimmte Wechselbeziehung insofern, als bei reichlicher Produktion viel Material und meist auch viel Oberfläche für die Oxydationsvorgänge vorhanden sind, welche in der Transspiration ihren Ausdruck finden. Umgekehrt wird eine gesteigerte Transspiration unter normalen Ernährungsbedingungen eine reichlichere Wurzelaufnahme und Zufuhr an Nährstoffen veranlassen und auf diese Weise die Produktion erhöhen.

Nur bei Wassermangel wird sich die Sache anders verhalten; denn hier wird der Stoff fehlen, der transspirirt wird; hier wird also ein absoluter und relativer Rückgang in der Transspiration nachzuweisen sein.

Wie jeder Organismus hat auch die Pflanze die Fähigkeit, den verschiedenen Verhältnissen innerhalb weiter Grenzen sich anzupassen. Ein Individuum kann, wenn es von Jugend auf an sehr geringe Wassermengen gewöhnt wird, mit der Hälfte der Wassersumme auskommen, die ein unter Wasserüberschuß sich entwickelndes Individuum braucht. Natürlich ist der Aufbau des ganzen Individuums diesen Verhältnissen angemessen. Eingehendere Untersuchungen liegen bei der Gerstenpflanze vor,[3]) welche bei verschiedenem Wassergehalt des Bodens (10, 20, 40 und 60 % der wasserhaltenden Kraft) kultivirt worden war. Der günstigste Wassergehalt für die Kultur dürfte etwa bei 50—60 % der Wassercapacität eines Bodens zu suchen sein.

---

[1]) Sorauer: Nachtrag zu den Studien über Verdunstung. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik von Wollny. Bd. VI., Heft 1/2.

[2]) Hellriegel: Beiträge zu den naturwiss. Grundlagen d. Ackerbaues. Braunschweig 1883, S. 632.

[3]) Sorauer: Einfluß der Wasserzufuhr auf die Ausbildung der Gerstenpflanze. Bot. Z. 1873, S. 145.

Im Versuch zeigte sich, daß die Pflanze selbst bei nur 10 % Wasser sich mit ihrer Organisation eingerichtet hatte; es war absolut wenig Blatt- und Wurzelsubstanz gebildet worden, aber das Verhältniß zwischen Körnern und Stroh war das normale; also etwa ebensoviel Trockensubstanz in der Form von Körnern als in Form von Stroh. Bei derselben Menge an Nährstoffen im Boden wuchs die Trockensubstanz, je mehr die Pflanzenwurzel Wasser zugeführt erhielt. Bei zuviel Wasser (also über 60 % der wasserhaltenden Kraft hinaus) wurde absolut weniger Trockensubstanz produzirt, und diese geringere Menge wurde auch noch werthloser, da das Verhältniß zwischen Stroh und Körnern sich zu Ungunsten der Letzteren änderte. Eine Messung der Blätter ergab, daß dieselben um so länger und breiter wurden, je mehr Wasser gleichmäßig zugeführt worden war. Diese größeren Blätter bei stärkerer Wasserzufuhr werden theilweise durch Vermehrung der Zellen, theilweise durch größere Ausdehnung derselben bedingt. Wenn die einzelnen Oberhautzellen größer sind, dann ist von vornherein anzunehmen, daß auch die der Oberhaut angehörenden Athmungsapparate, die Spaltöffnungszellen, an der größeren Streckung theilnehmen, also größer sein werden, daß sie aber auch durch die größere Streckung der dazwischen liegenden Oberhautzellen weiter von einander gerückt erscheinen werden. Die direkte Messung bestätigte diese Annahme, so daß also pro Quadratcentimeter eines im Wasserreichthum gewachsenen Blattes weniger, aber größere Spaltöffnungen zu finden sein werden, als bei den unter Wasserarmuth des Bodens gewachsenen Pflanzen. Die Untersuchungen von H. Möller[1]) haben festgestellt, daß solche Pflanzen, welche in Folge von Wassermangel verzwergen (Nanismus) sich in ihrem Aufbau anders verhalten, als solche, bei denen eine Verzwergung durch Mangel sämmtlicher Mineralstoffe in ungenügend concentrirter Lösung hervorgebracht wird. Bei Letzteren wird die geringere Breite der Blätter nicht durch geringere Breite der Zellen, wie bei Wassermangel, sondern durch geringere Menge der Zellen wahrscheinlich veranlaßt, da die Messungen dieselbe Zellenbreite und dieselbe Größe der Spaltöffnungen bei Pflanzen aus genügender Nährstofflösung und aus ungenügend concentrirter Lösung nachwiesen. Diese Differenzen sind erklärlich; es wird bei mangelhafter Zufuhr der Gesammtmineralstoffe die Zellvermehrung leiden, bei Wassermangel dagegen allein die verminderte Zellstreckung in den Vordergrund treten. Wie einige Versuche von Möller mit Bromus mollis zeigen, ist der Nanismus nicht erblich, da aus Samen von Zwergpflanzen Riesenexemplare gezogen werden können. Indeß erzeugen bei gleichen Vegetationsbedingungen, die von normalen Pflanzen abstammenden Samen doch kräftigere Exemplare als die von verzwergten Pflanzen herrührenden Samen.

---

[1]) H. Möller: Beiträge zur Kenntniß der Verzwergung (Nanismus), Landwirthschaftliche Jahrbücher von Thiel 1888, S. 167.

Andere Untersuchungen zeigten, daß die bei reichlicher Wasserzufuhr gezogenen Pflanzen pro Quadratcentimeter Blattfläche mehr verdunsten, als die ärmlicher gehaltenen Exemplare. Daraus ergiebt sich, daß bei gleicher Bodenfeuchtigkeit der Zeitpunkt ein verschiedener ist, bei welchem Pflanzen derselben Varietät anfangen werden, an Wassermangel zu leiden.

Der Wassermangel in der Pflanze dokumentirt sich durch das „Welken."

Welken wird immer eintreten, wenn der Transspirationsverlust nicht mehr genügend ersetzt werden kann. Dieser Fall kann eintreten erstens dadurch, daß das Gleichgewicht zwischen Wasserverbrauch und Wasserzufuhr vorübergehend gestört wird, indem bei reichlicher Bodenfeuchtigkeit der Stammquerschnitt nicht im Stande ist, rechtzeitig die nöthige Wassermenge zur verdunstenden Oberfläche zu transportiren. Beispiele dieser Art bilden die im heißen Sommer in der Mittagszeit welkenden Topfgewächse, welche wieder, ohne erneuerte Wasserzufuhr zum Boden, straff werden, sobald die Verdunstung nachläßt. Hierbei kann Ueberschuß von Wasser im Boden sein und die vollständig gesunde Wurzel energisch funktioniren.

Dieses Gleichgewicht kann aber auch dadurch gestört werden, daß bei nicht extremen Witterungsverhältnissen der erkrankte Wurzelapparat überhaupt nur geringe Mengen Wasser aus dem reichlich durchfeuchteten Boden aufzunehmen im Stande ist; ja es tritt auch der Fall ein, daß eine ganz gesunde Wurzel aus dem feuchten Boden kein Wasser aufnimmt und die Pflanzen selbst bei verhältnißmäßig kühler Witterung unter dem Einfluß der Besonnung welken. Dann ist der Grund in einer „Kältestarre" der Wurzel zu suchen, indem der Boden sich so sehr abgekühlt hat, daß die Wurzel nicht mehr zu funktioniren im Stande ist. Bei Warmhauspflanzen ist dieser Fall nicht selten.

Alle diese Fälle zeigen die Erscheinung des Welkens ohne Wassermangel im Boden. Wenn, wie der ungeübte Gärtner gewohnt ist, aus dem Welken der Schluß auf die Nothwendigkeit des neuen Begießens gezogen wird, sind in kurzer Zeit die Töpfe übergossen und die Wurzeln verfault.

Bei heißem, windigen Wetter welken auch die Feldpflanzen nicht selten und erholen sich gegen Abend noch vor der Thaubildung. Abgesehen von der verschiedenen Constitution der Individuen derselben Varietät, welche geeignet ist, die Erscheinung zu erklären, daß auf einem Felde niemals gleichmäßiges und gleichzeitiges Welken zu beobachten ist, muß auch, gleichen Wassergehalt des Bodens überall vorausgesetzt, der Umstand in Betracht gezogen werden, wie sich der Wurzelapparat jedes Individuum's entwickelt. Wenn man es mit Pflanzen zu thun hat, die nicht an Ort und Stelle gesäet, sondern piquirt worden sind, so ist durch die unvermeidliche Wurzelbeschädigung in der Jugend die Bildung von Seitenwurzeln eine reichere, aber auf engeren Raum zusammengedrängte; hier ist eine größere, ein bestimmtes Bodenvolumen eher erschöpfende Wurzelbildung vorhanden, während die an Ort und Stelle gesäeten Exemplare der-

selben Kulturpflanze längere, minder zahlreiche, aber einen größeren Bodenraum durcheilende Wurzeläste bilden, welche durch ihren größeren Tiefgang noch Wasser in genügender Menge aufsaugen.

Bei Topfkulturen ist der Fall beobachtet worden[1]), daß Pflanzen in großen Töpfen welkten, die einen mehr als doppelt und dreimal so großen absoluten Wasservorrath führten, als kleine Töpfe mit Pflanzen derselben Spezies, die nicht welkten. Dieser Umstand erklärte sich aus dem relativen Wassergehalt der Erde, welche in den kleinen Töpfen noch 14—20 % betrug, während die absolut größere Wassermenge bei der größeren Erdmasse in den großen Töpfen so vertheilt war, daß sie nur 11—15 % Bodenfeuchtigkeit repräsentirte. In diesem Falle war durch die schwierigere Bewegung des Wassers in den Bodencapillarräumen den Wurzeln in den größeren Gefäßen die Aufnahme erschwert, so daß die Verdunstung das Uebergewicht erlangte.

Es ist übrigens nicht zu vergessen, daß das Welken nicht als der Anfang der Störung der Pflanze durch Wassermangel anzusehen ist, sondern als der Beginn einer mit dem Tode endigenden letzten Phase der Entwicklung.

Der Anfang der Störung durch Wassermangel ist zunächst in einem Stillstand des Wachsthums zu sehen; wenn das Welken eintritt, sind schon namhafte Veränderungen im Pflanzenleibe vor sich gegangen. Hellriegel ließ zwei Proben von Kleeblättern, welche einem Felde im ersten Momente, an dem sich stellenweises Welken zeigte, entnommen waren, auf ihren Wassergehalt untersuchen. Es wurde gefunden:

an welken Pflanzen: Blätter	71 %	Wasser,	Blattstiele	78,4 %
„ „	71,1 „	„	„	80,8 „
in straffen zwischen den vorigen stehend:	82,5 „	„	„	90,0 „

An Trockensubstanz hatten mithin die welken Blätter in den

Blattflächen c. 29 %

Blattstiele 19—21 %,

dagegen die straffen Pflanzen, welche zwischen den beiden Welkstellen entnommen waren, besaßen

Blattflächen 17,5 %

Blattstiele 10,0 %.

Trockensubstanz, also fast nur die Hälfte von jener der welken Pflanzen. Daß das Wasser bei allmählich mangelhafter Zufuhr aus dem Boden bei der Verdunstung der Pflanzen nicht bloß aus den Zellwänden entrissen wird, sondern auch aus dem Zellinhalt, zeigt eben das Welken, das auf ein Schlaffwerden der Zellwände in Folge mangelnder Turgescenz zurückzuführen ist.

Damit ist gesagt, daß die Zellflüssigkeit concentrirter wird; die Folge davon muß sein, daß das noch vorhandene Wasser mit viel größerer Kraft von den festen und gelösten Zellinhaltsstoffen zurückgehalten wird. Alle Pro-

[1]) Hellriegel a. a. O., S. 544.

zesse, welche somit auf Wasserwanderung beruhen, verlangsamen sich. Es sind sicher mit der Concentration des Zellsaftes viele Aenderungen in der übrigen Oeconomie des Pflanzenleibes verbunden, die wir noch gar nicht kennen.

Einzelne Erscheinungen treten aber auch sichtlich zu Tage. So beobachtet man eine Verlangsamung der Beweglichkeit der Kleeblättchen bei länger anhaltendem Wassermangel. Bei der Sinnpflanze (Mimosa pudica) geht die periodische Reizbarkeit verloren; die Blättchen bleiben offen stehen: „Trockenstarre." —

Wenn wir auf die Hellriegel'schen Versuche zurückgehen, so erhalten wir auch ein Bild von den weiteren Produktionsstörungen. Angekeimte Körner der vierzeiligen Gerste[1] wurden in Kulturgefäße mit Quarzsand ausgelegt, die verschiedene Wassermengen erhielten. Es zeigte sich nun, daß in allen denjenigen Gefäßen, in denen der Sand bis 80 oder 60 und 40 % seiner wasserhaltenden Kraft gesättigt gewesen, ein Unterschied im Aufgehen der Körner nicht bemerkbar war. In denjenigen Gefäßen dagegen, deren Sand nur 20 % seiner Wassercapacität gesättigt erhielt, verzögerte sich der Keimprozeß schon merklich; die jungen Pflänzchen brauchten hier 2—5 Tage länger, um die Bodenoberfläche zu durchbrechen. Endlich in den Töpfen, in welchen die Feuchtigkeit des Sandes stets zwischen 10 und 5 % erhalten worden, war nach 6 Wochen noch keine einzige Pflanze über dem Boden sichtbar.

Die Keimlinge waren aber nur zum geringsten Theile todt, sondern brachen theilweis am nächsten und den folgenden Tagen durch den Boden, sobald nach dieser Durstperiode der Sand auf 60 % seiner Wassercapacität gesättigt wurde (11. Juli), ja die Pflanzen gaben nach sorgfältiger Ueberwinterung im nächsten Jahre noch eine normale Ernte.

Wir führen das Ernteergebniß der 3 Versuchstöpfe speziell an, weil sich gleichzeitig dabei zeigt, wie ein bestimmtes Nährstoffcapital eine bestimmte Erntemenge produzirt und zwar mit nur geringem Unterschiede in einer einzigen Pflanze soviel Substanz liefern kann, als in mehreren, die den gleichen Bodenraum einnehmen.

In Gefäß A war noch lebendig von 8 Körnern 1 Pflanze, welche ergab an Stroh und Spreu 5448 Mg Trockensubstanz und lieferte 120 Körner mit 2498 Mg Trockensubstanz.

In Gefäß B waren noch lebendig von 8 Körnern 7 Pflanzen, welche ergaben an Stroh und Spreu 5705 Mg Trockensubstanz und lieferten 95 Körner mit 2440 Mg Trockensubstanz.

In Gefäß C waren noch lebendig von 8 Körnern 7 Pflanzen, welche ergaben an Stroh und Spreu 5643 Mg Trockensubstanz und lieferten 100 Körner mit 2487 Mg Trockensubstanz.

---

[1]) a. a. O. S. 547.

Von den übrigen Pflanzen mit höherem Bodenfeuchtigkeitsgehalte ist zu erwähnen, daß diejenigen mit einer Bodenfeuchtigkeit von 20 % der Wassercapacität des Sandes und darunter durch eine große Hitze im Juni derart litten, daß die Aehren in der obersten Blattscheide sitzen blieben, ohne sich weiter zu entwickeln; andere Pflanzen vertrockneten gänzlich, ohne überhaupt zur Aehrenbildung zu gelangen. Von 20 % aufwärts entsprachen die Ernteresultate genau den zugeführten Wassermengen; es ergaben nämlich:

Bodenfeuchtigkeit in Prozenten der wasserfassenden Kraft	Trockensubstanz in Stroh und Spreu	Trockensubstanz in Körnern	
80—60	7394 Mg	4896 Mg	Durchschnitt von je 3 Pflanzen.
60—40	5988 „	4133 „	
40—20	4842 „	1942 „	

Die Resultate bei Wiederholung des Versuches in andern Jahren mit Gerste oder auch mit andern landwirthschaftlichen Kulturpflanzen waren durchaus gleichsinnig.[1]) Bei den Getreidepflanzen machte sich betreffs des Habitus das Merkmal geltend, daß die bei sehr hoher und sehr niedriger Bodenfeuchtigkeit erzogenen Pflanzen ein dunkleres Grün und gedrungneren Bau zeigten als die der sehr gut sich entwickelnden, dazwischen liegenden Versuchsreihen, deren breite Blätter ein entschiedenes Hellgrün besaßen. Die Erklärung wird in dem Umstande zu suchen sein, daß die mit Wasserüberschuß und mit Wassermangel erzogenen Pflanzen sich kürzer aufbauten. Ihre Zellen waren nicht so gestreckt nnd das Chlorophyll deßhalb auf kleinerem Raum innerhalb der Zelle vertheilt.

Ein anderes, grade für den Standpunkt dieses Buches werthvolles Ergebniß lieferten Haferkulturen aus dem Jahre 1867. Hier ließ sich constatiren, daß mit reicher Wasserzufuhr versehene Pflanzen früher und stärker von Rost und Blattläusen heimgesucht wurden, als die bei spärlicherer Feuchtigkeit erzogenen Exemplare. Die Pflanze, welche nur 20—10 % der wasserhaltenden Kraft des Sandes an Bodenfeuchtigkeit erhalten, war von den thierischen und pflanzlichen Schmarotzern beinahe gänzlich verschont worden.

Von demselben Interesse, wie die vorgenannten Versuche, welche den Einfluß eines stets annähernd gleichmäßig vorhandenen, bald hohen, bald geringen Wassergehaltes des Bodens auf die Produktion der Pflanze darthun, sind auch die Versuche über den Einfluß vorübergehender Durstperioden.

Es zeigt sich, daß die Produktion auch durch kürzere Durstperioden in hohem Maaße geschädigt werden kann und daß spätere, reichliche Wasserzufuhr die schädlichen Wirkungen eines vorausgegangenen Wassermangels nicht aufheben kann. Aus den Hellriegel'schen Versuchen scheint schon hervor-

[1]) s. folg. Seite: Unterbrochene Keimung.

zugehen, was meine eignen Versuche betreffs des Verbrennens der Pflanzen im feuchten Boden darthun, daß nämlich die Pflanzen, welche betreffs ihrer Bodenfeuchtigkeit günstig situirt waren, durch eine vorübergehende Durstperiode stärker leiden, als die bei Wasserarmuth von Anfang an erzogenen Exemplare.

Der periodische Wassermangel schädigt eine solche Durstpflanze um so empfindlicher, je jünger das Individuum bei Eintritt der Durstperiode ist.

Bei Gerste in Sandkultur zeigte sich, daß, wenn die Pflanze erst glücklich bis zum Beginn des Samenansatzes gediehen war, sie den Reifungsprozeß, also den Transport der Reservestoffe aus den Blättern in die junge Fruchtanlage, bei sehr geringer Wasserzufuhr durchführen konnte; es genügten 10 % der Wassercapacität des Sandes an zugeführter Bodenfeuchtigkeit. Im Allgemeinen darf man annehmen, daß eine Pflanze so lange die Möglichkeit vollkommener Produktion hat, so lange der Wassergehalt zwischen 30—60 % der Wassercapacität des Bodens schwankt. Ein Ueberschreiten dieser Grenzen nach oben und unten hin vermindert die Erträge.

Bei der Topfpflanzenkultur fand ich, daß vollkommen welke, bis zum Blattabwurf gequälte Durstpflanzen nach Zufuhr von reichlicher Bodenfeuchtigkeit sich besser erhielten, wenn sie in trockner, sonniger Atmosphäre verblieben, als wenn sie in künstlich mit Feuchtigkeit gesättigte Luft gebracht wurden. Es muß also wohl der fortdauernde Verdunstungsreiz für die Wiederbelebung der Vegetationsprozesse nothwendig sein.

Durch Trockenheit unterbrochene Keimung.

Der Fall, daß Wassermangel eintritt, nachdem der Same bereits die ersten Stadien der Keimung durchlaufen, ist seltener bei der Aussaat der trockenen Samen in's freie Land zu fürchten, als vielmehr dort, wo vor dem Gebrauch ein Einquellen des Saatgutes stattgefunden hat. Die Nachtheile einer solchen Störung in der Entwicklung des jungen Individuums sind je nach der Samenart und je nach dem Entwicklungsstadium, in welchem die Unterbrechung erfolgt, verschieden. Nach Will's[1]) mehrfachen Aussaatversuchen mit Samen von Monocotyledonen und Dicotyledonen scheinen die Samen der ersteren im Allgemeinen etwas widerstandsfähiger zu sein. Namentlich sind die unbespelzten Cerealien (Weizen und Roggen) gegen eine während der Keimung eintretende Trockenheitsperiode wenig empfindlich; Gerste und Hafer sind dagegen schon leichter zu Schaden zu bringen, und sehr wenig Widerstandskraft gegen eine Unterbrechung der Keimung zeigt der Pferdezahnmais. Schon Saussure[2])

---

[1]) Will: Ueber den Einfluß des Einquellens und Wiederaustrocknens auf die Entwicklungsfähigkeit der Samen, sowie über den Gebrauchswerth „ausgewachsener" Samen als Saatgut. Landwirthsch. Versuchsstationen XXVIII, Heft 1 und 2 (1882).

[2]) Annales des sciences nat. Bot. 1827. Janv.

fand, daß der Mais eine Austrocknung während der Keimperiode schlecht verträgt und daß die Bohnen, der Mohn und die Rapunzel sich ebenso verhalten. Nowoczek,[1]) der seine Versuche in der Art ausführte, daß er die Unterbrechung der Wasserzufuhr mehrmals an demselben Samen eintreten ließ, bis dessen Keimkraft ganz erloschen war, fand, daß die Samen der Getreidearten sich gegen die wechselnden Einflüsse von Feuchtigkeit und Trockenheit resistenter verhalten, als Raps, Lein, Klee und Erbsen, die ihre Keimkraft früher einbüßten, aber immerhin doch einer Wiedererweckung der Keimkraft nach Austrocknung noch fähig sind. Bei den Gramineen vorzugsweise zeigte sich, daß nach dem jedesmaligen Austrocknen die bereits gebildeten Würzelchen abstarben und die äußeren Blätter abtrockneten, daß aber bei erneueter Wasserzufuhr sich neue Adventivwurzeln aus dem ersten Knoten bildeten und die jüngsten Blätter sich weiter entwickelten. Hauptsächlich gilt dies für Hafer, mehr oder weniger auch für Gerste, Weizen und Mais.

Obgleich v. Tautphöns[2]) bei seinen Versuchen betreffs des Hafers zu andern Ansichten wie Nowoczek kommt und constatiren mußte, daß bei Hafer und Mais kein einziges angekeimtes Korn nach dem Austrocknen wieder zum Keimen gebracht werden konnte, daß dagegen bei Weizen, Gerste und Roggen eine weitere Entwicklung sich wiederholte, so ist diese spezielle Abweichung der einzelnen Getreidearten doch nur lokalen Verhältnissen zuzuschreiben, und das allgemeine Ergebniß wird dadurch nicht erschüttert.

Als allgemein feststehend ist zu betrachten, daß eingequellte und nachher vorsichtig getrocknete Samen, die wiederum in Wasser gebracht werden, dasselbe rascher aufnehmen, als lufttrockene, nicht aufgequellte Samen derselben Größe. Solche Samen entwickeln sich anfangs wohl auch um einige Tage schneller.

Durch die Versuche von Tautphöns und von Ehrhardt[3]) wird das von vornherein zu erwartende Resultat experimentell festgestellt, daß die Pflanzen um so mehr leiden, je weiter fortgeschritten bei Eintritt der Trockenperiode der Keimungsprozeß ist, d. h. je mehr entwickelt bereits die Plumula erscheint. Will, der bei Wicken und andern Pflanzen dieselbe Erfahrung machte, erklärt sich diese größere Empfindlichkeit der weiter entwickelten Keimlinge durch die Beobachtung, daß ein Absterben der Keimlinge, namentlich bei Erbsen, dadurch erfolgt, daß die abgetrockneten Wurzeln von der Fäulniß ergriffen werden, die, allmählich aufwärts steigend, auch die Plumula ergreift. Je älter nun die Keimlinge sind, desto größer ist bei der vermehrten Wurzelzahl die Fläche der Fäulnißheerde und desto schneller die Fortpflanzung der Fäulniß auf die Plumula.

---

[1]) Ueber die Widerstandsfähigkeit junger Keimlinge. Wissensch. prakt. Untersuch. ꝛc. v. F. Haberlandt. I. Bd., S. 122, cit. Biedermann's Centralbl. 1876, I., S. 344.

[2]) Freiherr v. Tautphöns: Die Keimung der Samen bei verschiedener Beschaffenheit derselben. München 1876, cit. Bot. Jahresber. 1876, S. 882.

[3]) Deutsche landw. Presse, Jahrg. VIII, Nr. 76, cit. von Will.

Die Erbsensamen fand Will z. Th. ganz besonders empfindlich gegen das Austrocknen. Es scheinen dabei physikalische Veränderungen der Samenschale eine Rolle zu spielen, wodurch dieselbe ihre Bedeutung als Schutzvorrichtung verliert und der Fäulniß einen ebenso freien Zutritt zu den Cotyledonen gestattet, als sie bei denjenigen Erbsensamen findet, die nach der Quellung entschalt und getrocknet worden sind.

Diese Veränderung der Samenschale der Erbsen bei dem Trocknen nach der Quellung bestand in dem Auftreten vieler kleiner Risse, die sich in den meisten Fällen auf die inneren Schichten fortsetzten. Bei dem wiederholten Einquellen löste sich die Stäbchenschicht in größeren und kleineren Stücken ab, die Samenschale wurde schleimig, und es stellten sich binnen sehr kurzer Zeit Zersetzungserscheinungen an den Cotyledonen ein, welche die Entwicklung der Keimpflänzchen hemmten. Die Entstehung der Risse bei dem Trocknen der gequollenen Samen erklärt sich durch die mehr als 100 % betragende (Nobbe, Handbuch, S. 122) Volumzunahme der Samen, die auf ihre Schale einen Druck ausüben und dieselbe passiv dehnen und lockern. Diese Lockerung kann bei dem Trocknen bis zur Brüchigkeit führen. Durch die Risse in der Samenschale erhält erstens der wieder befeuchtete Same viel mehr atmosphärischen Sauerstoff zu den bereits in Zersetzung begriffenen Reservestoffen und viel schneller große Wasserquantitäten; es können ferner die gelösten, organischen Stoffe viel leichter osmotisch austreten, was alles zu Ungunsten der Weiterentwicklung wirksam werden kann. Eine Samenschale, die sich langsam gleichmäßig dehnt und unverletzt bleibt, wird also wahrscheinlich eine vollständigere Ausnutzung der Reservestoffe der Cotyledonen ermöglichen und vielleicht sogar durch den bei der Quellung hervorgerufenen Spannungszustand ein Einpressen von Flüssigkeiten in das Gewebe der Cotyledonen und von gelösten Reservestoffen in den Embryo veranlassen.

Nach den vorstehenden Versuchsergebnissen kann man mit Sicherheit aussprechen, daß eine Benutzung angequollenen oder gar schon ausgewachsenen und nachher trocken gewordenen Saatgutes nach Kräften zu vermeiden ist. Ich bin aber auch der Meinung, daß die Verwendung von gequelltem Saatgut überhaupt möglichst zu beschränken und namentlich in trocknen Lagen mit großer Vorsicht auszuführen ist. Erstens können sich in trocknen Lagen am leichtesten die Zustände, wie sie künstlich durch Austrocknen gequellter Samen herbeigeführt wurden, in der Natur von selbst bei anhaltender Hitze und Dürre wiederholen und viel schädlicher wirken, als wenn der Same bei solchem Wetter ungekeimt im Boden liegt. Zweitens werden die Pflanzen aber auch durch die von Anfang an hohe Wasserzufuhr verwöhnt. Das Gewebe wird lockerer, wasserreicher und wasserbedürftiger und vertrocknet viel früher bei Eintritt großer Trockenperioden, als bei solchen Pflanzen, die von Anfang an bei spärlicher Wassergabe sich entwickelt haben. Die Verdunstung ist bei ersteren

Pflanzen größer, als bei Letzteren. Deßhalb wird in der Praxis vielfach die Regel befolgt, daß man bei schnell sich entwickelnden Gemüsepflanzen (Gurken, Bohnen, Kohlarten) das Begießen nicht aussetzen darf, wenn man in der Jugend der Pflanzen damit sehr freigebig gewesen ist. Ich habe auch mehrfach schlechtere Pflanzen nach dem Quellen des Saatgutes sich entwickeln gesehen, gegenüber den aus demselben Saatmaterial hervorgegangenen, von Anfang an nur auf die natürliche Bodenfeuchtigkeit angewiesenen Pflanzen.

Verfrühtes Vertrocknen des Laubes.

Namentlich da, wo Bäume und Sträucher in verhältnißmäßig flacher Krume über Felsgrund oder hochgelegenen festen Bodenschichten liegen, zeigt sich die Erscheinung, daß der Laubkörper bei anhaltender Trockenheit vollständig oder größtentheils vorzeitig abdorrt. Die Blätter fallen dabei nicht ab, sondern bleiben meist (ähnlich den Eichen- und Hainbuchenblättern, bei denen die Basis der Blattstiele wintergrün, mithin dieser Zustand normal ist) den ganzen Winter hindurch am Zweige sitzen. Der Schaden, der durch dieses verfrühte Abtrocknen des Laubkörpers der Pflanze zugefügt wird, stellt sich nach den Untersuchungen von Kraus[1]) weit bedeutender heraus, als man zu vermuthen geneigt ist. Man glaubte, es bestehe vorzugsweise die Schädigung in dem vorzeitigen Aufhören der Blattarbeit und der damit verbundenen geringeren Holzbildung u. s. w. Es hat sich aber durch die Untersuchungen von Kraus erwiesen, daß neben diesem Mangel an Zuwachs auch ein positiver Substanzverlust eintritt, der viel größer ist, als bei einer normalen, herbstlichen Entlaubung. Die durch Dürre getödteten Blätter verhalten sich nämlich nicht so, wie die im Herbst abfallenden Organe. Letztere haben die Mehrzahl der für den Pflanzenkörper noch verwendbaren Stoffe allmählich an den Stamm abgegeben und sich endlich durch eine rundzellige Trennungsschicht losgelöst; die verdorrten Blätter, bei denen sich keine Trennungsschicht bildet, behalten ihre stickstoffhaltigen Bestandtheile nebst der Phosphorsäure, und nur die Stärke sammt dem Kali gelangt vor dem Tode des Blattes in den Stamm zurück. Durch das verfrühte Vertrocknen des Laubes gehen den Pflanzen nahezu doppelt soviel Stickstoff und Phosphorsäure verloren, als durch den herbstlichen Laubfall.

Wir geben zum Schluß die von Maerker ausgeführte, hierher gehörige Analyse von Blättern einer Syringa.

Es enthielten an Prozenten der Trockensubstanz

	Sommerdürre	Herbstliche Blätter
Stickstoff	1,947	1,370
Phosphorsäure	0,522	0,373

[1]) Bot. Zeit. 1873, Nr. 26 und 27.

	Sommerdürre	Herbstliche Blätter
Kali	2,998	3,831
Kalk	1,878	2,416
Mineralstoffe überhaupt . (kohlensäurefrei)	8,028	9,636

Obige Mengen in Prozenten der Gesammtasche ausgedrückt, würden sich folgendermaßen stellen:

Stickstoff	24,0 %	14,0 %
Phosphorsäure	6,5 %	3,8 %
Kali	37,3 %	39,7 %

Aehnliche Vorgänge dürften bei dem Ausbrennen des Rasens stattfinden. Je ärmer die Landschaften an großen Baumcomplexen, desto leichter werden sich derartige Erscheinungen zeigen. So berichtet beispielsweise v. Mohl,[1]) daß in Italien die Blätter häufig durch Sonnenbrand und Wassermangel vorzeitig getödtet würden.

Der „Fuchs" oder „Sommerbrand" des Hopfens.

Die von den praktischen Züchtern auch als „Brand" oder „rothe Lohe" bezeichnete Krankheit besteht in einem Fleckigwerden der Blätter. Das Fleckigwerden beginnt von der Basis der Pflanze. Die Flecken erfassen sowohl die Randparthien, als auch die zwischen den einzelnen Nerven liegenden Gewebegruppen. Durch theilweise Zerstörung des Chlorophylls erscheinen die erkrankten Stellen anfangs gelblich, später röthlich und endlich trocken und gebräunt. Das Blatt fängt mittlerweile an, immer länger im Zustande des Welkens zu verbleiben; schließlich schrumpft es und fällt auch wohl ab, während die oberen, jüngeren Theile der Rebe noch freudig grünen und sich weiter entwickeln. Nur die Größenverhältnisse der während dieser Zeit entstandenen Neubildungen sind geringere gegenüber denjenigen an anderen Pflanzen, welche den Verlust der unteren Blätter nicht zu beklagen haben. Bleibt die Krankheit auf die unteren Parthien beschränkt, so ist der Schaden nicht bedeutend; erfaßt sie dagegen auch die oberen Theile mit den Blüthenkätzchen, so wird das Ernteprodukt ein sehr leichtes, und es empfiehlt sich dann, alsbald zu ernten.

Die Krankheit ist leicht mit dem durch die Webermilbe verursachten „Kupferbrande" zu verwechseln, unterscheidet sich aber habituell dadurch, daß Kupferbrand die Blätter an den oberen Theilen der Reben röthlich gelb färbt und durch feine Gespinnstfäden auf der Blattunterseite erkannt wird, während der Sonnenbrand von der Basis der Rebe her ein Vergilben und Vertrocknen der Blätter veranlaßt.

Da Parasiten nicht nachweisbar und die Krankheit nur bei großer Hitze

[1]) Bot. Z. 1860, S. 15, Anmerkung.

und Trockenheit auftritt, so ist die Annahme am nächsten liegend, daß wir es einfach mit Erscheinungen größeren Wassermangels zu thun haben, bei denen von den oberen, vegetirenden Theilen die älteren vorzeitig ausgesogen werden. Wo ein Bewässern und Bespritzen möglich ist, dürfte sicherlich das Uebel vermieden werden können.

Das „Stangenroth" beim Hopfen scheint mir eine Störung durch periodischen Wassermangel in der Zeit der Kätzchenausbildung zu sein.

Bei dem Lein werden folgende Krankheiten, die ich aus eigener Anschauung nicht kenne, auf Trockenheit zurückgeführt: die Röthe (le rouge), ausgezeichnet durch röthliche Färbung des Stammendes, und die Gelbsucht (le jaune), welche durch frühzeitiges Vergilben der Köpfe sich kenntlich macht.[1]

Bei Obstbäumen auf gutem Boden werden manchmal Birnen, die auf Quitte veredelt sind, gelb, während die auf Wildling gesetzten Exemplare kräftig gedeihen. Bei solchen Zwergstämmen sah ich in trocknen Sommern, daß später in die Rinde eingespritzte, gut gewachsene Edelreiser kräftige, aber gelbliche Triebe machten, während die ältere Krone grün war. Auch hierin sehe ich Erscheinungen des Wassermangels der Quittenunterlage, die (namentlich wenn sie hoch gepflanzt ist) nicht das nöthige Wasser im Boden findet. Birnen auf hochgepflanzten Quitten reifen daher ihr Laub schneller und werfen es früher.

Je mehr wir den Störungen der Kulturpflanzen unsere Aufmerksamkeit schenken werden, um so schneller werden wir zur Ueberzeugung kommen, daß der Wassermangel wesentlich in zwei nur graduell verschiedenen Formen zum Ausdruck kommt. Entweder er ruft, entsprechend dem Sonnenbrande am Hopfen, ein Vergilben und Aussaugen der unteren, älteren Pflanzentheile bei Erhaltung der jüngeren, blüthentragenden Aeste hervor, oder, bei länger anhaltender Dauer der Durstperiode, es tritt gänzlicher Wachsthumsstillstand und stark geschwächte Ausbildung oder Fehlschlagen der Blüthen- und Fruchtorgane ein, wie wir dies bei dem Verscheinen des Getreides experimentell erkannt haben.

Es wird daher für später anzurathen sein, das „Vergilben" und das „Verscheinen" als Bezeichnung von Krankheitsgruppen aufzufassen, die alle im Einzelnen abweichenden Erscheinungen zusammenfassen, welche bei geringeren oder hochgradigen Durstperioden sich einstellen.

Das Vergilben ist von der „Gelbsucht" wohl zu unterscheiden. Letztere beginnt meist an den jüngsten Theilen und zu Zeiten genügender Wassermengen im Boden; sie ergreift die Blattfläche gleichmäßiger, beläßt sie bis zum normalen Blattfall oder doch längere Zeit frisch und endigt nicht mit einem Dürrwerden schon auf der Pflanze.

---

[1]) Renouard: Notes sur les principales maladies du lin. Aus Annales agron., cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 593.

Milchglanz.

Obgleich ich noch nicht in der Lage gewesen, die als „Milchglanz" hiermit eingeführte Erscheinung ausführlicher zu studiren, möchte ich dennoch derselben wenigstens Erwähnung thun und sie unter Vorbehalt zu denjenigen Krankheiten stellen, welche auf Wassermangel im Pflanzenkörper beruhen, ganz unabhängig vom Wassergehalt des Bodens. Es ist ein im Individuum entstehender Mangel an Zuleitung von Wasser zu einem Theile oder wohl auch zur ganzen Baumkrone vorhanden.

Die Krankheit äußert sich in der Weise an Fruchtbäumen, daß die wohlausgebildeten Blätter ihr dunkelgrünes Ansehen verlieren und einen silberartig weißlichen Reflex zeigen. In der Regel leiden nur einzelne Aeste und zwar etwa vom Juli an. Im folgenden oder im zweiten, höchstens dritten Jahre nach Auftreten des Milchglanzes stirbt der Ast ab. Bei den Exemplaren, die ich nach Jahresfrist wieder besichtigen konnte, zeigte sich mehrfach nach Entfernung des abgestorbenen Astes die Erscheinung an andern Aesten, so daß ich vorläufig mir die Meinung gebildet, der Milchglanz sei ein absolut sicherer Vorläufer des Todes.

Am ausgebreitetsten ließ sich der Milchglanz bei Aprikosen am Spalier auffinden; außerdem begegnete ich der Erscheinung an Pflaumen und Aepfeln.

Die Veränderung beginnt bei den älteren Blättern des Frühjahrstriebes; die jüngsten bleiben öfters verschont; ebenso die aus Proventivaugen sich plötzlich am alten Holze entwickelnden Spättriebe.

Zunächst findet man nur eine gewisse Stumpfheit der Farbe, ein stellenweises Nachlassen des Glanzes und, wie mir scheint, eine vermehrte Luftmenge in den Intercellularräumen zwischen einzelnen Pallisadenzellen oder auch zwischen diesen und den Epidermiszellen. Allmählich werden die stumpfen Stellen weißlich und zwar durch drüsige Lockerung der Epidermiszellen zwischen den grünbleibenden, feinsten Nervenverzweigungen. Die Lockerung besteht in einem stellenweisen Lösen des Verbandes zwischen Epidermis und Pallisadenparenchym. Einzelne kurze, breite Zellen des Letzteren ließen stärker lichtbrechende, den Syruptropfen ähnliche Kugeln erkennen, und diese Zellen erscheinen in dem unter Wasser beobachteten Schnitten über die Ebene der übrigen Parenchymzellen vorgewölbt, so daß die Vermuthung nahe liegt, daß das allmähliche Abheben der Epidermis durch dieses Vorwölben eingeleitet oder begünstigt wird. Die Trommer'sche Probe ergab jedoch keinen hervorragenden Zuckergehalt in diesen Zellen.

Der Silberglanz des Organs wird nun in dem Maße deutlicher, als sich die Anzahl der Stellen vermehrt, in denen eine Abhebung der Epidermis von dem darunter liegenden Gewebe sich einleitet und verstärkt und die Luft die neu entstandenen Hohlräume anfüllt.

Die erkrankten Aprikosen und Pflaumen zeigten Gummosis im Holze; die

zwei Exemplare von Aepfeln, an denen die Erscheinung kenntlich wurde, hatten vom Borkenkäferfraß gelitten.

Glasigwerden der Aepfel.

Ebenso wenig, wie bei der vorigen, ist mir hier ein eingehenderes Studium der Krankheit vergönnt gewesen, welche darin besteht, daß einzelne Früchte eines Baumes theilweise oder gänzlich hart, glasig durchscheinend, minder gefärbt, fester und minder schmackhaft erscheinen.

Das zur Untersuchung gelangte Exemplar war ein Lütticher Rambour, der kaum die der Sorte eigene Mittelgröße besaß, eine eirund-walzenförmige Gestalt mit wenig vorspringenden Kanten hatte und matt gefärbt auf der Sonnenseite mit einzelnen größeren, convex vorspringenden Korkflecken erschien.

Von der Kelchhöhle aus war die vollkommen feste Frucht auf zwei Drittheile ihrer ganzen Ausdehnung abwärts grasgrün und glasig durchscheinend, wie wenn sie gefroren gewesen wäre; sie blieb aber durchaus fest, und die einzelnen gelblich gefärbten Stellen, die sich hier und da in dem glasigen Theile vorfanden, veränderten sich nicht. Das untere Drittel der Frucht war wachsartig hellgelb, um die Stielhöhle rostfarbig, etwas weiter aufwärts matt rothstreifig und, wie die glasige Parthie, leicht grubig an der Oberfläche. Besonders auffallend erschien die Berührungslinie zwischen dem glasigen oberen und normalem unteren Theile der Frucht. Die untere, gesunde Parthie hat sich nämlich mehr ausgedehnt und sprang an der Grenze wallartig über den glasigen Theil vor. Die Grenzlinie der beiden so verschieden entwickelten Hälften der Frucht war keine ebene, regelmäßige Kreislinie, die vom Stiel allseitig gleichweit entfernt war, sondern eine Wellenlinie, indem die glasige Parthie auf einer Seite, die im rechten Winkel an die Sonnenseite grenzte, tiefer abwärts stieg.

Die Sonnenseite war an dem glasigen Theile leicht gelbröthlich angehaucht, mit intensiveren rothen, aber immerhin im Verhältniß zum gesunden Theile, mattgefärbten Schmitzflecken.

Bei dem Durchschneiden erschien mir der Geruch des glasigen Theiles von dem des gesunden verschieden, und zwar kam mir der Erstere unreifer im Geruch vor.

Im Längsschnitt sah man, daß die Rindenparthie am intensivsten glasig war und daß im Innern der Frucht das weiße, normale Fleisch, das an der Basis vorhanden, um das Kernhaus herum bis ziemlich an die Kelchhöhle hinaufstieg, so daß die glasige Zone wie ein an Dicke abnehmender Mantel von dem Kelche abwärts um das gesunde Fleisch gelagert war. Die glasige Zone selbst erschien hier und da weißlich marmorirt von eingesprengten Gruppen normalen Fleisches.

Der Geschmack des glasigen Theiles war fade und deutlich süß; zwischen den Zähnen erschien dieser Theil fester, als der weiße Theil, bei welchem deutlich die Säure wahrnehmbar war.

Die Samen waren verkümmert, unreif und weiß, bis auf einen, dessen Samenschale braun gefärbt und im Verholzen begriffen war.

Der gesunde Theil besaß noch reichlich und nach der Rinde hin zunehmend, feinkörnige Stärke und stark luftführende Intercellularräume. Der glasige Theil war stärkelos mit weniger Luft führenden Zwischenzellräumen; nur einzelne Zellgruppen enthielten etwas Stärke. Zucker war in beiden Theilen reichlich vorhanden. Der glasige Theil wurde an der Luft schneller braun, und Eisenchlorid schien ihn dunkler zu färben. Bei der Behandlung mit Chlorzinkjod erschienen in den Zellen des Fruchtfleisches goldgelbe, später sich bräunende, große Inhaltstropfen, welche in dem glasigen Theile reichlicher auftraten. Die in absolutem Alkohol aufbewahrten Stücke zeigten mit der Trommer'schen Zuckerprobe sowohl im glasigen als im gesunden Theile der Frucht noch äußerst feine Körnchen von Kupferoxydul, woraus zu schließen ist, daß neben reichlichem Traubenzucker auch noch etwas Dextrin vorhanden, welches nach mikroskopischer Schätzung im gesunden Theil ein wenig reichlicher zu sein schien.

Eine Trockensubstanzbestimmung entsprechender Stücke aus dem gesunden und glasigen Theile des Apfels ergab:

	gesunde Hälfte	glasige Hälfte
Stück mit Schale	21,48 %	19,43 %
ohne „	20,24 %	17,97 %

In dem Säuremangel des substanzärmeren, glasigen Theiles dürfte der Grund für die geringere Zellstreckung und die davon herrührende, geringere Schwellung zu suchen sein.

Praktische Züchter wollen beobachtet haben, daß die folgenden Sorten besonders zur Erzeugung glasiger Früchte neigen: Züricher Transparentapfel, Gloria mundi, weißer Astrachan und Virginischer Sommer-Rosenapfel. Die Bäumchen im ersten Jahre ihrer Fruchtbarkeit wären durchschnittlich eher zur Produktion solcher Früchte veranlagt, als in späteren Jahren.

Halbseitige, ungleichartige Entwicklung läßt sich in trocknen Sommern und Herbsten an manchen Pflaumensorten (Mirabelle, Reine Claude) beobachten. Dies dürfte jedoch weniger eine mit dem Glasigwerden verwandte Erscheinung sein, als vielmehr zum folgenden Capitel gehören.

Früh- oder Nothreife des Obstes.

Einen interessanten Beleg für den Einfluß des Wassermangels im Boden auf die Ausbildung der Früchte giebt Fickert.[1]) Der trockne Nachsommer des Jahres 1862 reifte das Sommerobst um 8—14 Tage früher, als gewöhnlich; jedoch hielten sich die Früchte nicht so lange, wie in anderen Jahren. Das Winterobst dagegen wurde durch den Wassermangel weniger saftig und über-

[1]) Monatsschrift f. Pomologie und praktischen Obstbau von Oberdieck und Lucas, 1863, S. 272.

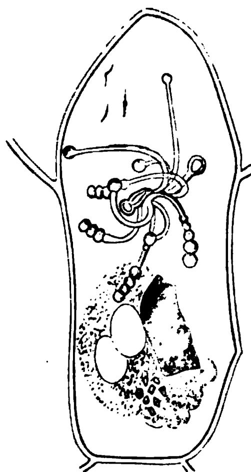
auch durch die entgegengesetzten Verhältnisse einleiten kann. Das Mehligwerden der Pfirsich stellt sich nämlich, soweit meine Beobachtungen reichen, dann ein, wenn späte Sorten zu lange am Baume bei kühlem Wetter hängen bleiben, also der Reifungsprozeß ein sehr langsamer ist. Die sonst ausgezeichneten Früchte erreichen dann nicht ihre normale Größe; sie werden zwar weich und ziemlich süß, aber trocken breiartig und fade im Geschmack. Glycerin zieht große Syrupkugeln in den Zellen in 2 Modifikationen zusammen, erstens solche mit glatter Oberfläche und zweitens solche, die aus festerer Substanz zusammengesetzt erscheinen und eine stumpfwarzige Oberfläche haben, also sich derjenigen Substanz nähern dürften, die bei Aepfeln in Form polypenartiger Fangarme von einem soliden oder vacuoligen Tropfen ausgehend erscheint. Stärke ist in den mehligen Pfirsichen nicht zu finden; die Intercellularräume sind stark mit Luft erfüllt; der mehlige Geschmack ist auch hier entweder von der Wasserarmuth der Zellen des Fruchtfleisches, oder von einer breiartig bleibenden Intercellularsubstanz abzuleiten, während man bei der normalen Reife vielleicht ein vollkommen flüssiges Lösungsprodukt der Zellmembranen und ihrer Intercellularsubstanz erhält.

Die Schwierigkeit, denselben Effect, nämlich das Mehligwerden saftiger Früchte, durch zwei einander entgegengesetzte Ursachen erklären zu müssen, dürfte durch folgende Betrachtung beseitigt werden. Wenn wir den faden Geschmack, den mehliche Früchte besitzen, theilweis auf Säuremangel zurückführen, so bleibt uns die Aufgabe, zu erklären, daß einmal Säuremangel durch Wärmeüberschuß und das andre Mal durch Wärmemangel entstehen könnte. Nun ist aber von der Bildung der organischen Säuren in den saftigen Blättern bekannt, daß dieselbe nächtlich in annähernd demselben Maße erfolgt, als am Tage das Sonnenlicht eingewirkt hat. Diese Thatsache führt zu dem Schlusse, daß die Menge der organischen Säuren von der Quantität des am Tage gebildeten organischen Materials abhängig ist. Es wird in trüben, relativ kalten Perioden die absolute Säuremenge in den Organen eine geringe sein, wenn sie auch vielleicht in Rücksicht auf den von größerer Wärmewirkung abhängigen Zuckergehalt groß erscheinen könnte. Unter solchen Umständen wäre also ein Säuremangel wegen zu geringer Wärme erklärlich.

Zur Begründung der Ansicht, daß auch Wärmeüberschuß einen relativen Mangel an organischen Säuren in einer Frucht veranlassen könnte, muß an die Thatsache erinnert werden, daß in den Blättern die nächtlich gebildeten Säuren am folgenden Tage großentheils wieder verathmet werden. Dieser Verbrennungsprozeß dürfte auch in der Frucht stattfinden, und es ist wohl denkbar, daß derselbe in den langen, heißen Sommertagen so intensiv ist, daß der größte Theil der entstehenden Säuren verschwindet; dann müssen die Früchte ebenfalls süß, aber fade schmecken; Zucker ist immer reichlich nachzuweisen, wie sowohl die Glycerinreaktion, als auch die Trommer'sche Zuckerprobe ergeben.

Es mag hier gestattet sein, auf die bei der Glycerinreaktion sich zeigenden Figuren des Zellinhalts und namentlich auf die obenerwähnten Polypenformen im Fruchtfleisch reifenden Kernobstes zurückzukommen, da dieselben bisher nicht bekannt gewesen sind.

Beistehende Figur stellt eine Zelle aus dem Fleische eines Apfels (Gloria mundi) nach Behandlung mit Glycerin dar. Der zarte plasmatische Wandbeleg, der faltig zusammengezogen, ist in der Zeichnung theilweis fortgelassen; er drängt die hier dargestellten Inhaltsmassen mehr oder weniger zusammen. Auch die in den meisten Zellen sofort in die Augen springende, meist in einer Ecke liegende, sehr große Vacuole, welche ich als Säurevacuole ansprechen möchte, fehlt, um die Stoffe deutlicher zu zeigen, welche bei der Glycerinreaction hervortreten. Es sei hier bald betont, daß nicht alle Zellen die dargestellte Combination zeigen und daß die Stoffe auch nicht in jeder Entwicklungsphase der Frucht anzutreffen sind, daß aber jede reife Apfelfrucht die hier dargestellten Formen (oft in verschiedenen Zellen vertheilt) sicher auffinden läßt. Soweit die Untersuchungen augenblicklich reichen, weisen sie darauf hin, daß eine dem Zucker nahestehende, wohl in denselben übergehende Substanz in verschiedenen Umänderungsformen in den Zellen vorhanden ist.


Fig. 2.

Zwischen einzelnen größeren oder zahlreichen sehr kleinen Vacuolen findet sich diese Substanz, dem Plasmaleibe eingebettet oder frei im Zellsafte, entweder als vereinzelte trübe Tropfen, oder als mehr geradlinige Massen, die dem Aussehen nach etwa von teigiger oder seifenartig-brüchiger Beschaffenheit sein dürften, oder endlich in noch stärker lichtbrechender und noch festerer Form als knollig-warzige, unregelmäßige Anhäufungen. Diese festeste Form scheint auch in Gestalt kleinster, sandartiger, dem Wandbelege eingebetteter Körnchen vorzukommen, auf welche man erst aufmerksam wird, wenn dieselben zu Tropfen oder (durch Vacuolenbildung) zu kleinen Bläschen im Glycerin aufquellen. Allen drei Formen kommt eine Quellungsfähigkeit in Glycerin zu.

Am häufigsten vorhanden sind die Tropfen, die bei Beobachtung unter Wasser leicht undeutlich werden und verschwinden, aber bei Betrachtung der Zelle im ausgepreßten Apfelsafte bald kenntlich und von den verschiedenen Vacuolen unterscheidbar werden. Das Quellungsprodukt in seiner ausgebildetsten Form auf der Höhe der Entwicklung ist nun durch obige strahlige Mittelfigur dargestellt, während der seifenartige Zustand der Substanz durch die darunterliegende, schraffirte Fläche mit geschweiften Contouren angedeutet ist. Die

wolkige Umhüllung ist der in derselben Ebene liegende Theil des Plasmasackes, welcher Farbstoffkörnchen und zwei Vacuolen umschließt.[1])

[1]) Der Quellungsvorgang ist bei den oben geschilderten drei Massen der gleiche, tritt aber in verschiedener Intensität ein. Am schnellsten und ausgebildetsten erscheint er bei der Tropfenform; er nimmt ab, je fester die Substanzen werden. Bei Wasserzutritt verschwinden zuerst die Tropfen; an ihrer Stelle bleibt bisweilen ein feinkörniger Rückstand am Rande der Plasmahülle; etwas später werden die teigigen Massen unsichtbar, und die durch das Plasma gebildete Grenzlinie wird kreisrund; die polypenartigen Formen werden langsam durchscheinender, die warzigen Massen graugekörnelt und trübe, ohne sich an einem Tage ganz zu lösen. Wenn man die gern der Wandung anliegenden, zwischen verschieden sich verhaltenden Vacuolen und durch Jod sich gelbfärbenden Tröpfchen vertheilten, trüben Syrupkugeln bei Beginn des Wassereintritts betrachtet, bemerkt man häufig eine von innen heraus beginnende Quellung einzelner Inhaltsgruppen, die bis zur Vacuolenbildung sich steigert. Aehnliches findet man bei Glycerin, bei welchem der Vorgang langsamer sich einstellt und die veränderten Zustände sich länger erhalten. Durch diesen Quellungsvorgang der in den trüben Tropfen eingebetteten Substanzen erscheint deren Inneres bisweilen derart von einer oder mehreren Vacuolen angefüllt, daß die eigentliche, trübe Masse nur noch als schmaler Umfassungsring der Vacuole auftritt, der in Wasser immer durchscheinender wird, bis er überhaupt nicht mehr kenntlich ist. Eine eigentliche Lösung der Substanz wurde nicht beobachtet. Wenn die frischen Schnitte erst in Wasser liegen, treten die Syruptropfen nicht mehr auf, woraus zu schließen, daß die Substanz vom Wasser aufgenommen wird. Wohl aber wurde in mehreren Fällen beobachtet, (bei Reinetten) daß, wenn nach einer schnell vorübergehenden Wassereinwirkung die Tropfen verschwunden waren, ein feinkörniger Rückstand blieb. Bei Glycerinzusatz quollen diese soliden Körnchen entweder zu Tropfen, oder zu einzelnen, fadenförmigen Schläuchen auf. Vielleicht sind es nur diese Körnchen, welche in den Tropfen und den übrigen, oben erwähnten, als verschiedene Aggregatszustände einer Grundsubstanz angesprochenen Formen eingebettet, zu polypenartigen Ausstrahlungen aufquellen. Man sieht nämlich an solchen Tropfen, welche durch eine Vacuole zu einem dickwandigen Bläschen erweitert sind, daß nur einzelne Punkte aus der stark lichtbrechenden, gallertartig aussehenden Wandung sich schlauchartig verlängern. Indeß sind solche festere Körnchen vor der Quellung nicht in der Wand beobachtet worden. Die quellenden Stellen stülpen sich entweder zu gleichmäßigen, cylindrischen Schläuchen, oder perlschnurartigen Ketten aus, welche in einzelnen Fällen den Wandbeleg erreichen können und dann als knotige Bänder die Zelle quer durchspannen. Durch die fortgesetzte, langsame Quellung verändern sich die Figuren fortwährend in Glycerin, wobei die immer teigiger, schwächer lichtbrechend und fadenziehend werdende Substanz das Bestreben bekundet, zur Tropfenform zurückzukehren. Entweder nehmen einige der Hauptarme immer mehr Substanz auf und werden zu breiten Bändern, die allmählich zu ellipsoidischen und schließlich kugeligen Tropfen sich zusammenziehen; oder es zeigen einzelne Glieder der Perlschnurketten unter steter Volumzunahme und Abnahme der Lichtbrechung ein stärkeres Wachsthum, wobei die kleineren, kugeligen Kettenglieder und die sie etwa verbindende Fadensubstanz immer schmaler werden, endlich zerreißen und in die größeren Tropfen hineingezogen werden. Diese Tropfen waren in den ausgeprägtesten Fällen noch nach 96 Stunden kenntlich, später aber nicht mehr aufzufinden und durch Reagentien auch nicht mehr hervorzurufen.

Was mich veranlaßt, die erwähnten Substanzen in die Zuckerreihe zu stellen, ist ihr Vorkommen in denselben Zellen, welche durch Glycerin zusammenziehbare, stark lichtbrechende, durch Alkohol ausziehbare, die Kupferreduktion zeigende, große Tropfen ent-

In Rücksicht auf den passendsten Boden für unsere Obstsorten sind die Bemerkungen eines alten französischen Obstzüchters, de la Quintinye, zu citiren, weil sich in ihnen kurz die bis zur Jetztzeit bestätigte Erfahrung ausspricht. Er sagt (le parfait jardinier etc. Paris 1695 tom. I, S. 135 ff.): Die Quitte paßt sich nicht der leichten, trocknen Erde an; sie wird darin leicht gelb; dagegen gedeihen Mandel und Pfirsich darin besser als in schweren Erden, in denen sie zu sehr dem Gummifluß erliegen. Solche schwere Erden sind viel geeigneter für Pflaumen, Vogelkirschen, Stachelbeeren und Himbeeren. Der Weinstock will lieber leichte Bodenarten; der Kirschbaum gedeiht auch ziemlich gut in leichtem, trocknem Boden, aber am besten in leichtem, frischem Boden (terres franches). Mit der Kräftigkeit des Baumes steht der Geschmack der Früchte in Zusammenhang; die Birnen, wie z. B. gute Winter-Christbirn, die Petit-oin, Lausac, Espine werden immer fade von Geschmack, meistens steinig und mehlig im kalten, feuchten Boden sein, gleichviel ob die Unterlage Quitte oder Wildling ist. Dasselbe ist es mit den Pfirsichen. In Oertlichkeiten, die von Natur feucht sind, muß man wenigstens versuchen, durch Steine &c. einen Wasserabzug zu schaffen. Am Schluß sagt Quintinye, daß im Allgemeinen oft zwar die Bäume in festen Bodenarten kräftiger trieben, aber daß die Früchte kaum je einen so guten Geschmack erhielten, wie in trocknen Bodenarten.

Im Anschluß folge eine Mittheilung des Hrn. Direktor Stoll in Proskau, daß der weiße Winter-Taffetapfel auf Thonboden sich roth färbt, auf Sandboden aber weiß bleibt. Der oben erwähnte, alte französische Autor giebt an einer andern Stelle (S. 165 l. c.) noch weitere Notizen im ähnlichen

---

halten, in welche die kleinen, oben erwähnten Tropfenformen, wie mir scheint, übergehen. Die großen, in besonderen Theilen des Plasmasackes durch Glycerin zusammenziehbaren Syruptropfen, die allmählich wieder verschwinden, lassen sich durch Anwendung von doppelt chromsaurem Kali z. Th. fixiren, da sich in ihnen ein bleibender braunkörniger Niederschlag bildet. Eisenchlorid giebt keine besondere Farbenreaktion. Wenn man zum Glycerinpräparat ein Stückchen Aetzkali bringt, färben sich die Syrupkugeln intensiv gelb und der übrige Zellinhalt matter; chemisch reiner Traubenzucker verhielt sich ebenso, während er bei Lösung in reinem Wasser nur eine schwach gelbliche Flüssigkeit ergab. Etwas länger kann man die Tropfen auch durch Zusatz von Chlorcalcium oder salpetersauren Kali erhalten; sie bewahren dann 2—4 Tage ihre starke Lichtbrechung. Bei Anwendung von salpetersaurem Silber entsteht in vielen Syrupkugeln ein braunkörniger Niederschlag, der entweder aus vielen, sehr kleinen, oder weniger zahlreichen, aber größeren knolligen Körpern besteht. Ein Theil der Tropfen verschwindet, ohne Niederschläge zu geben.

Mir scheint, daß man es hier mit einer außerordentlich leicht veränderlichen, in Wasser und Alkohol leicht, in Glycerin schwerer löslichen Substanz zu thun hat, die in derselben Zelle in verschiedenen Umwandlungsstadien vorkommt und daher verschiedene Reaktionen zeigt. Schon das offene Liegen an der Luft bewirkt eine Veränderung, da ein Apfel, der an der frischen Schnittfläche die Syrupkugeln in Masse aufwies, nach wenigen Stunden an derselben Schnittfläche durch Glycerin keine Tropfen mehr zeigte, sondern solche erst tiefer im Gewebe wieder auffinden ließ.

Sinne. Ueber den Einfluß der Baumform äußert er sich bei der guten Winter-Christbirn, daß der Spalierbaum viel eher eine goldgelbe Frucht als eine grüne liefert, im Gegensatz zu der Buschform (le buisson); auf Wildling veredelt, ist die Frucht noch geringer als bei Quittenveredlung. Altersschwache oder kranke Bäume liefern meist kernlose Früchte; auf solchen Bäumen zeigen aber kräftige Aeste wieder Früchte mit Kernen.

Das Steinigwerden der Birnen.

Es ist eine häufig zu beobachtende Thatsache, daß Birnen auf magerem Boden in trocknen Jahren ein festes Fleisch behalten und beim Genuß durch die außerordentliche Menge steiniger Körnchen zwischen den Zähnen knirschen. In feuchten Jahren sind dieselben Birnensorten weichfleischig und von den Steinen ist wenig zu bemerken, so daß die Praktiker häufig die Ansicht vertreten, die Bildung der Steine in den Birnen sei die direkte Folge großer Trockenheit.

Die Untersuchung jugendlicher Früchte zeigt aber bereits, daß durch die ganze Birnenfrucht bei jeder Sorte Nester von meist sternförmig geordneten, derbwandigeren Zellen in ungleicher Vertheilung sich vorfinden. Diese Steinzellennester sind am reichlichsten in einer Zone um das Kernhaus und nehmen durchschnittlich an Größe und Zahl ihrer Elemente nach der Epidermis hin ab. Diese Steinzellen sind sogar ein unterscheidendes, anatomisches Merkmal zwischen Birne und Apfel.[1]) Es ist also nicht das Auftreten der Steinzellen, sondern nur die störende Ausbildung der stets vorhandenen, aber in manchen Sorten relativ schwachwandig bleibenden Elemente, welche durch die Trockenheit bedingt ist. Ich glaube nicht, daß durch trocknen Standort neue Steinzellennester in der Frucht erzeugt werden können; die vorhandenen werden nur dadurch auffälliger, daß ihre Wandungen oft bis zum Verschwinden des Lumens der Zelle verdickt sind und daß ihr Zusammenhang mit dem umgebenden, saftreichen Gewebe des Fruchtfleisches in trocknen Jahren ein festerer ist. Die sämmtlichen Zellwandungen dürften bei geringerer Wasserzufuhr und dadurch relativ erhöhtem Einfluß von Licht und Wärme auf dieselben derber werden, die Intercellularsubstanz ist thatsächlich schwerer löslich und die mechanische Arbeit bei dem Genuß der Früchte in Folge dessen eine größere, als in feuchten Jahren, die eine größere Zellstreckung im Fruchtfleische ermöglichen. Je fester das Fleisch, desto öfter kommt es behufs genügender Zerkleinerung zwischen die Zähne und desto mehr Steinzellen werden frei gequetscht und machen sich störend bemerkbar, während die harten Körnchen, bei schmelzendem Zustande derselben Frucht in größeren Bissen, eingehüllt vom weicheren Fruchtfleisch, unbemerkt verschluckt werden.

---

[1]) Turpin: Memoire sur la difference qu'offrent les tissus cellulaires de la pomme et de la poire etc. Paris. Compt. rend. 1838, I, S. 711 ff.

Der Stoff, aus welchem die schichtig verdickten Wände der Steinzellen bestehen, hat von Erdmann[1]) den Namen Glycodrupose erhalten. Der Name wurde deshalb gegeben, weil der Forscher glaubte, daß die chemische Zusammensetzung dieser Zellen die gleiche, wie in dem Gewebe ist, das den Stein der Pflaumen und Kirschen (Drupaceen) bildet. Die durch mäßig concentrirte Salzsäure zerlegte Substanz ergab zur Hälfte des Gewichtes Traubenzucker in Lösung; die ungelöst zurückbleibende Hälfte führt nun den Namen Drupose; diese hinterläßt bei dem Kochen mit Salpetersäure und Auswaschen mit Wasser, Ammoniak und Alkohol eine gelblich-weiße Cellulose. Erdmann schließt aus seinen Untersuchungen, daß die Substanz der Steinzellen aus einem Kohlenhydrat entstanden, und zwar durch Austritt von Wasser und Sauerstoff aus Stärke oder Gummi, während bei dem normalen Reifungsprozeß zur Bildung des Zuckers Wasser aufgenommen werden muß.

Schon früher hatte v. Baumhauer die Ansicht ausgesprochen, daß die holzigen Verdickungsschichten der Zellen neben der Cellulose eine Substanz von höherem Kohlenstoffgehalt enthalten. Meyen bringt das Auftreten von Steinzellen in Zusammenhang mit dem geringen Säuregehalt (nach Meyen sogar vollständigen Säuremangel) bei den Birnen, wogegen die Aepfel bei großem Säurereichthum keine Steinzellen zeigen und da die Pflanzensäuren bei längerer Einwirkung auf Stärke leicht Zucker erzeugen, wird alle Stärke zu Zucker verbraucht, anstatt wie dort theilweise in Verdickungsschichten umgearbeitet zu werden.

Der Ansicht, daß Zucker- und Cellulosebildung mit einander in innigem Zusammenhange stehen, giebt de Vries (Wachsthumsgeschichte der Zuckerrübe, im Landw. Jahrb. 1879, S. 438) Ausdruck. Er sagt, daß man ganz gewöhnlich in denjenigen jungen Zellen eine Anhäufung von Traubenzucker findet, welche später ihre Wand stark verdicken. Beispielsweise sind die Bastfasern des Klees sowohl wie die Fasern der inneren Strangscheide der Gefäßbündel, die im ausgewachsenen Zustande sehr dickwandig sind, in ihrem jüngeren, noch dünnwandigen Stadium reich an Traubenzucker, den sie später zur Wandverdickung benutzen, während das umgebende Gewebe arm oder leer an Zucker ist. Dies läßt sich sowohl im Stengel, als im Blattstiel und den Nerven der Spreite bis in deren feinste, noch Bastfasern führende Verzweigungen hinein verfolgen, ja auch in der Wurzel auffinden. Dieselben Verhältnisse fand de Vries bei den jungen Bastfasern der Kartoffelpflanze und des Maises. Selbst in den später dickwandigen Haaren findet eine Accumulation des Zuckers vor der Wandverdickung statt, so z. B. in den Haaren der jungen Kleeblätter, in deren Blattparenchym selbst kein Zucker nachgewiesen werden konnte, ebenso

---

[1]) Liebig's Annalen, Bd. 138, S. 101, cit. im Jahresb. f. Agrikulturchemie 1866, S. 99.

wie im Wurzelparenchym derselben Pflanze der Zucker nicht zu finden ist, während er in den jungen Wurzelhaaren reichlich auftritt.

Wenn wir über die Stoffmetamorphose bei dem Vorgange der Wandverdickung vorläufig auch noch nichts Positives wissen, so lassen sich doch einige praktische Beobachtungen als Winke zur Abschwächung des Uebelstandes geben. Da die störende Beschaffenheit der Frucht, die wir als Steinigwerden bezeichnen, nicht nur auf trocknem Boden, bei trockner Luft, sondern auch auf besseren Böden dann auftreten kann, wenn üppig wachsende Sorten auf schwach treibende Unterlagen gebracht werden, so versuche man vor allen Dingen, namentlich wo man leichte Böden hat, ein Veredeln der Birnen auf großblättrige, schnellwachsende Quittenvarietäten bei den Zwergbäumen. Bei Standbäumen, bei welchen sich das Steinigwerden oft zeigt, suche man durch Auffrischen des Bodens, durch Düngung des Untergrundes, durch Bewässerung und unter Umständen auch durch Verjüngung der Krone nach einer Düngung aufzuhelfen. Auf diese Weise schafft man eine neue Baumkrone, die schneller gewachsen und für schnelleren Wassertransport hergerichtet ist. Chappellier[1]) führt ein sehr instruktives Beispiel aus Paris an. Die Früchte der Birnen „Doyennés d'hiver, Bergamotte Crassane und St. Germain" zeigten sich im Versuchsobstgarten der Stadt Paris geschwärzt (Tavelure), aufgerissen und steinig, während sie in den daneben liegenden Baumschulen des Autors ohne diese Beschädigung sich entwickelten. Da Boden- und Witterungsverhältnisse gleich waren, so ist nur das Kulturverfahren als Ursache in der Differenz der Früchte anzusehen. Chappellier gab nämlich seinem Boden zweimal im Jahre flüssigen Dünger, während die städtischen Baumschulen bei der Anlage reichlich mit animalischem Dung versehen worden waren. Die Wasser- und Nährstoffzufuhr während der Vegetationszeit ernährte die Früchte in der Schwellungsperiode reichlich, während in den städtischen Baumschulen der Dünger in dem heißen Kalkboden aus Wassermangel gar nicht zur Verwerthung kam.

Das Verholzen der Wurzeln.

Derselbe Prozeß einer starken Verdickung der Zellwände in Geweben, die gewöhnlich zartwandig bleiben, findet bei dem Verholzen der Wurzeln und Stengel unserer Gemüse statt.

Dieser Vorgang bietet ein schönes Beispiel für die Berechtigung, auch diejenigen Zustände als Krankheiten zu bezeichnen, bei denen nur der Kulturzweck geschädigt wird. Denn grade hier ist der als krank bekämpfte Zustand der normale. Das Verholzen der Wurzelfrüchte besteht nämlich darin, daß die Zell-Elemente der Gefäßbündel, welche durch die Kultur parenchymatisch geworden waren, zur prosenchymatischen, holzigen Beschaffenheit zurückkehren.

---

[1]) Causes de la Tavelure des fruits. Revue horticole. Paris 1876, S. 65.

Die Mohrrübe z. B., die uns zur Speise dient, hat eine Mutterpflanze, deren Wurzel aus einem starken, harten Holzkörper und einer dünnen, weichen Rinde besteht. Die Zellen des Holzkörpers sind wie alle übrigen Holzzellen dickwandig, spindelförmig, zwischen einander gekeilt. In der kultivirten Wurzel sind statt dieser Holzzellen dünnwandige, wenig langgestreckte, fast stumpf auf einander gesetzte Zellen vorhanden und die Gefäße selbst, die jetzt in zerstreueten Gruppen zwischen den parenchymatischen Zellen liegen, sind wenig verholzt. Die Milchsaftgefäße, welche sich in der Rinde bilden, wenn die schraubigen, porösen Gefäße im Holzkörper entstehen, sind, ebenso wie sämmtliche Zellelemente der Rinde weiter geworden. An Stelle der Stärke, die in der wilden Mohrrübe das ganze Rindengewebe anfüllt, auch im Holzkörper hier und da auftritt und bis auf 70% des Trockengewichtes steigt, ist in den guten Speiserüben der Zucker getreten, so daß dort nur Spuren von Stärke zu finden sind. Je feiner die Sorte, um so mehr schwindet der Stärkegehalt, wie bei der holländischen, blaßgelben und der Duwicker Carotte; von diesen finden sich allmählich Uebergänge nach der wilden Pflanze hin in andern Kulturvarietäten, die als Futter benutzt werden, wie die Altringham-Möhre und die weiße Pferdemöhre. Von diesen Sorten zeigen sich auf magerem Boden Exemplare, die in der Regel im Herbst in Samen schießen und sich durch eine dünne, oft getheilte Wurzel auszeichnen, welche durch ihre Verholzung sehr deutlich an die wilde Mohrrübe erinnern. Ebenso verhält es sich mit Wrucken, Steckrüben, Rettigen, Kohlrabi ꝛc.

Bei allen Wurzelgemüsen tritt das Verholzen regelmäßig auf, wenn sie zu alt werden, und dann ist dieser Prozeß, wie in den früh verholzenden, schlechten Exemplaren, ebenfalls von einem theilweisen Verschwinden des Zuckers begleitet.

Hierher gehört auch eine Bemerkung[1]) von Duval-Jouve, daß trockene und heiße Witterung die Entwicklung der die Fibrovasalstränge schützenden Bastbündel begünstigt, schattige und feuchte Standorte sie aber zurückhält.

Weitere interessante Beispiele von einer Aenderung im Aufbau der Pflanzen in Folge verschiedener Standortsverhältnisse liefert Volkens.[2]) Bekanntlich haben wir von dem verbreiteten Unkraut, Polygonum amphibium eine Sand- oder Haideform und eine mit schwimmenden Blättern versehene Wasserform. Bei der Sandform ist der Stengelumfang auf Kosten des centralen Luftkanals geringer; die Rindenzellen sind stärker verdickt und zwischen Rinde und Phloëm schiebt sich ein ziemlich breiter Ring ungemein verdickter,

---

[1]) Duval-Jouve: Anordnung der Gewebe im Blatte der Gräser. Bot. Jahresb. v. Just 1875, S. 432.

[2]) Volkens: Beziehungen zwischen Standort und anatomischem Bau der Vegetationsorgane. Jahrb. d. Kgl. bot. Gartens zu Berlin. Bd. III, 1884, S. 46, cit. Bot. Centralbl. 1884, Nr. 46.

mechanischer Zellen ein. Es bildet sich ein geschlossener Holzcylinder, dessen Gefäßsystem fast 2—3mal so stark entwickelt ist, als bei dem der Wasserstengel; bei Letzteren erleichtert das Fehlen dickwandiger Elemente und das Auftreten großer Luftlücken das Schwimmen. Die Blattstiele der Wasserform, welche ohne jede mechanische Verstärkung, sind bis sechsmal so lang, als die der Landform, deren Mittelrippen durch starke Collenchymstränge verstärkt sind. Die Pallisadenzellen der Blätter sind in den Wassersprossen stärker entwickelt; dagegen fehlen ihnen die stark entwickelten Borsten auf der Oberfläche, und außerdem die etwas größeren Epidermiszellen der Oberseite, welche bei der Landform einen schleimigen Inhalt bergen, der von Volkens als Wasserreservoir in Zeiten großer Trockenheit gedeutet wird. Wenn auch nicht oft bei andern Pflanzen so scharf der Einfluß des Standortes sich ausprägt, so läßt sich doch im Allgemeinen mit Bestimmtheit behaupten, daß ein trockner Standort in der Weise das Individuum beeinflußt, daß seine Transspirationsfläche vermindert, seine mechanisch wirksamen Elemente verstärkt und die Epidermis stärker verdickt und cuticularisirt wird.

Ein ungleichmäßiger Verholzungsprozeß läßt sich auch bei einigen Wüstenpflanzen, die ihre Vegetationsorgane zusammenneigen, constatiren. Das Zusammenneigen der Aeste, welches wohl als ein Hülfsmittel der Pflanze zur Verringerung der Verdunstungsoberfläche angesehen werden kann, beruht bei der bekannten Rose von Jericho (Anastatica hierochuntica) darauf, daß die Holzzellen auf den verschiedenen Zweigseiten eine verschiedene Quellungsfähigkeit in der Längsrichtung besitzen, welche mit einer ungleichen Verholzung Hand in Hand geht.

Das Aufspringen fleischiger Pflanzentheile.

Das plötzliche Auftreten erneueter, starker Wasserzufuhr nach längerer Trockenheit bedingt oft das Aufreißen oder Aufspringen fleischiger Wurzeln, Stengel und Früchte. Am bekanntesten ist das Aufspringen an Kohlrabi, Mohrrüben- und Petersilienwurzeln. Hier kann nämlich das äußere Gewebe dem schnellen Ausdehnungsbestreben des inneren Parenchyms nicht folgen. Die Wunden schließen sich alsbald durch Korkbildung. Experimentell wies Hallier[1]) diesen Vorgang an Petersilienwurzeln nach, indem er solche einfach in Brunnenwasser hing und am dritten Tage darauf den ganzen in Wasser befindlichen Theil aufgesprungen fand.[2])

Wir haben früher den Vorgang des Aufspringens unter die Krankheiten gruppirt, welche durch Wasserüberschuß erzeugt werden, haben aber jetzt sie zu den durch Trockenheit verursachten Störungen gezogen. Der Grund für diese

[1]) Phytopathologie, S. 87.

[2]) Eine verwandte Erscheinung ist auch das Aufspringen sehr üppiger Rapsstengel kurz vor der Blüthezeit.

Aenderung liegt darin, daß der Prozeß des Aufplatzens sich in der Regel aus einer Wirkung des Wassermangels und einer folgenden des relativen Wasserüberschusses zusammensetzt; die Erfahrung zeigt, daß die Erscheinung des Aufplatzens äußerst selten nur auftritt, wenn eine Trockenperiode nicht vorangegangen ist. Es ist also für die im praktischen Betriebe sich zeigenden Fälle die Trockenheit das Hauptsächlichste. Durch sie wird die Gleichgewichtsstörung zwischen den äußeren nicht genügend mehr dehnbaren Zellschichten der Früchte oder Knollen und deren leicht schwellendem Innenfleische eingeleitet. Es kann derselbe Wassergehalt der Frucht bisweilen bei normalen und aufgesprungenen Exemplaren constatirt werden; aber es ist anzunehmen, daß bei den aufgesprungenen Früchten mit hohem Wassergehalt dieser Letztere erst bei und nach dem Aufspringen sich eingestellt hat. Die extreme Trockenheit des Bodens oder auch nur der Luft läßt bei greller Beleuchtung die Epidermiszellen schnell alt, dickwandig und untauglich zu fernerer Dehnung werden. Letzterer Umstand aber ist von großer Wichtigkeit, da nur bei Erhaltung der Dehnbarkeit der Epidermis diese dem Ausdehnungsbestreben des Parenchyms des Fleisches folgen kann. Wenn dies nicht der Fall, reißt die zunehmende Turgescenz des Innenfleisches, namentlich nach einem Regen, den schnürenden, meist aus einer Epidermis mit Collenchym oder Korkgewebe gebildeten, peripherischen Mantel entzwei.

Findet das Aufreißen bei saftigen Organen ohne vorhergegangene Trockenperiode durch langandauernde Wasserzufuhr bei feuchter Umgebung statt, dann sind die Rißstellen in der Regel dadurch von den Rissen durch Trockenheit verschieden, daß bei Letzteren die Wundfläche verkorkt oder durch neu sich bildende Korkzellen abgeschlossen wird. Bei dem Aufplatzen durch Wasserüberschuß bei feuchter Luft sieht man dagegen die durch den Riß bloßgelegten Parenchymzellen dünnwandig bleiben, bisweilen sich schlauchförmig strecken und leicht in Fäulniß übergehen. Man erzielt außer durch Aufhängen der Pflanzentheile im Wasser solche Rißstellen durch Wasserüberschuß sehr demonstrativ, wenn man Früchte für einige Wochen in nassen Sand eingräbt. Boussingault,[1]) der das Aufreißen durch Aufhängen der Früchte in Wasser bei Kirschen, Mirabellen, Birnen, Wein und Blaubeeren beobachtet hat, fand, daß die Früchte Zucker an das Wasser abgaben. Diese Abgabe nebst der vermehrten Aufnahme von Wasser mag den wässerigen Geschmack der Früchte nach langem Regenwetter erklären. Einige untergetauchte Blüthen gaben ebenfalls Zucker ab; dagegen konnte bei Zuckerrüben, Rübsen und den Keimwurzeln von Weizen, Gerste und Mais keine Abgabe von Zucker bemerkt werden, obgleich die Gewebe zuckerreich waren.

Es giebt eine sehr empfehlenswerthe Aufbewahrungsmethode für Winteräpfel, nämlich das schichtenweise Einlegen der Früchte in Sand. Wenn

---

[1]) Bot. Jahresbericht 1873, S. 253.

man unvorsichtiger Weise den Sand zu naß wählt, verliert ein bisweilen großer Prozentsatz der Früchte seinen Verkaufswerth durch Aufreißen der Schale.

Bei der Gemüsekultur ist das Aufreißen der Oberrüben oder Kohlrabi eine in trocknen Jahren sehr häufige Erscheinung. Je jünger die Pflanze zur Zeit des Aufreißens noch ist, desto mehr wird sie durch nachträgliche üppige Ausbildung des Gewebes der Wundflächen deformirt. Das Gewebe der Rübe wächst weiter, und die Wandungen der Rißstelle wölben sich polsterartig vor; diese durch Wundkork braunen, stumpfen, hervorgewölbten Gewebekissen schlagen sich durch ihren gegenseitigen Druck schalenförmig zurück und können veranlassen, daß eine in 2 oder 4 und mehr Lappen gespaltene Rübe entsteht.

Auch bei Kartoffeln ist ein solcher Vorgang beobachtet worden. Stengel findet man häufig aufgerissen. Nach einer längeren Trockenperiode sah ich im Sommer 1882 einen mehrere Hectaren großen Kartoffelschlag auf leichtem Boden erkranken. Es zeigte sich eine Fäulniß einzelner Stengel, welche an ihrer Basis klaffend aufgerissen waren. Der anatomische Befund ließ nur auf Wasserüberschuß schließen, der nach langer Trockenheit eingetreten war. So lange die Nässe anhielt, faulten eine Anzahl Pflanzen gänzlich aus; bei eintretender Trockenheit wuchsen diejenigen Pflanzen kräftig weiter, bei denen nur einzelne Triebe kleinere Rißstellen zeigten.

Bei Früchten, namentlich bei Pflaumen und Aepfeln findet man in trocknen Jahren große Stellen, die statt mit der wachshaltigen, glänzenden Schale mit stumpfbrauner Korkhaut überzogen sind. Hier muß wahrscheinlich ein Vorgang sich eingeleitet haben, der analog dem das Rauhwerden reifer, glattschaliger Kartoffelknollen verursachenden Prozesse ist. Die mit glänzender Wachsschicht bedeckte junge Frucht erhält viele kleine Risse, welche durch im darunter liegenden Fleische entstandene Korkzellen abgeschlossen werden. Bei Mirabellen wurde ein solcher Vorgang wirklich nachgewiesen.

Ein möglichst dichter Stand der Kohlrabi, der zwar nicht die Ausbildung des Rübenkörpers verhindern darf, wohl aber die Möglichkeit der gegenseitigen Beschattung gewährt, und das allabendliche Ueberbrausen der Gemüsebeete bei trocknem Wetter dürften die empfehlenswerthesten Vorbeugungsmittel gegen das Aufreißen sein.

Abwerfen der Blüthenknospen und Früchte.

Bei der Obstkultur sind die Fälle nicht selten, daß ein reicher Blüthen- oder Fruchtansatz durch Trockenheit verloren geht. Manche Bäume werfen in nur einigermaßen trocknen Jahren regelmäßig die Mehrzahl der Früchte, andere nur in seltenen Fällen. Wasserbedürftige Obstarten (Pflaumen) und Sorten leiden mehr, wie minder anspruchsvolle; auf berastem Boden leiden Flachwurzler eher, wie auf nacktem Boden. Je reicher mit Blüthen oder Früchten ein Baum besetzt ist, desto leichter kommt er zum Abwerfen eines Theiles seiner Ernte.

Wenn in einigermaßen trocknen Jahren die ganze Ernte abgeworfen wird, dann kann man mit ziemlicher Sicherheit annehmen, daß im Boden eine Schicht ist, die stets sehr wasserarm ist. Bei Pflaumenbäumen in England,[1]) die alljährlich reichlich blühten und gesundes Holz produzirten, aber stets die Früchte abwarfen, wurde nachgegraben und in 70—100 cm Tiefe eine staubtrockne, von andern Wurzeln durchzogene Erdlage gefunden. Erneuerung des Bodens und Durchtränkung hatten zur Folge, daß eine kleinere Anzahl von Früchten am Baume blieb und sehr schön ausreifte. Daß die Ernte noch nicht gleich im ersten Jahre eine entsprechend hohe war, muß auf die bei dem Umgraben sich ergebenden Wurzelverletzungen zurückgeführt werden.

Aus dem Jahre 1862 berichtet Lucas, daß im Juli oder August eine Rothreife der Zwetschen im Oberamt Tübingen eintrat, so daß die Früchte schon 6 Wochen vor ihrer Reife sich röthlich färbten, „fuchsig" wurden. Das in dieser Trockenperiode öffentlich empfohlene Gießen hatte den Erfolg, daß die Früchte auf einmal zusammen abfielen, daß aber die durch das Begießen gekräftigten Bäume im nächsten Jahre eine reiche Fruchternte brachten, während bei denjenigen Bäumen, bei welchen das Begießen unterlassen worden war, das Abfallen der Früchte im Jahre der Dürre allmählich erfolgte, aber im nächsten Jahre an den erschöpften Bäumen sich auch keine Früchte zeigten.

Die beiden angeführten Fälle zeigen den Unterschied in der Wirkung der rechtzeitigen und verspäteten Wasserzufuhr.

Das Abwerfen wird eingeleitet durch Anlage einer Trennungsschicht; das wirkliche Abbrechen erfolgt erst später durch die Lösung der Zellen an der Trennungsschicht aus ihrem Verbande. Tritt das Gießen nach Bildung der Trennungsschicht ein, dann geht der Ablösungsprozeß schnell vor sich, weil sich mit der gesteigerten Turgescenz die Zellen wölben und die Zahl ihrer gegenseitigen Berührungspunkte schnell vermindern.

Dieselbe Erscheinung sehen wir an den Blättern mancher Bäume nach Sommertrockniß. Fällt ein ausgiebiger Regen, so tritt der Sommerlaubfall viel schneller ein, als ohne starke Feuchtigkeit.

Außer diesem totalen, verhältnißmäßig selten vorkommenden Abwerfen sehen wir alljährlich ein theilweises Abfallen der Früchte eines Baumes. Meist beginnt es in trocknen Frühjahren bei hellem, windigem Wetter, kurz nach der Blüthe. Es fallen meist die aus den letztentwickelten Blumen entstandenen Früchte einer Blüthentraube. Am meisten leiden die den Spitzen der Zweige zunächst stehenden Fruchtansätze, während die der Hauptachse näher liegenden, an der Zweigbasis befindlichen Blüthentrauben mehr Früchte behalten. Bei diesen Erscheinungen ist es nicht so sehr der Mangel an Wasser- als an plastischem Nährmaterial überhaupt, der die Schwellung der sämmtlichen Frucht-

[1]) Plum Trees dropping their Crop. Gard. Chron. 1878, II. S. 280.

knoten verhindert. Die der zuleitenden Stammachse zunächst stehenden Früchte verbrauchen das Material auf Kosten der peripherisch gestellten. Bei der Spalierzucht regelt man diese Ernährungsverhältnisse künstlich, indem man bald nach dem Fruchtansatz einen großen Theil der ungünstig gestellten Exemplare mit der Scheere wegnimmt.

Bei der Treiberei ist auf das Wasserbedürfniß der Früchte besonders genau Rücksicht zu nehmen, namentlich bei Pfirsich und Aprikosen. Wenn der Stein zu erhärten beginnt, ist das Wasserbedürfniß am größten und das Abwerfen manchmal durch eine einzige Trockenperiode veranlaßt. Vor und nach dem bezeichneten Entwicklungsstadium hat man aber sparsamer mit dem Begießen zu sein, da man sonst vorzeitige Triebe erzeugt, welche das zur Ausbildung der Früchte nöthige Material an sich ziehen. Dann können noch in einer spätern Epoche die Früchte aus Nahrungsmangel fallen oder wenigstens verkümmern.

Dieses vorzeitige Wecken der Triebe durch unzeitgemäßes starkes Gießen nach einer Trockenperiode wird am häufigsten bei dem Treiben von Blüthensträuchern verderblich.

Bei Camellien hat man mit dem Abstoßen der Blüthenknospen am häufigsten zu kämpfen. Der Prozeß der Entfaltung der Knospen ist ein langsamer, der sich durch künstliche Hülfsmittel nicht über ein gewisses Maaß hinaus beschleunigen läßt; er ist um so langsamer, je kühler und wasserärmer bisher die Pflanzen gestanden haben. Wenn Wasser plötzlich reichlich zutritt, macht dies sich nur in den jüngsten Geweberegionen bemerkbar, also an der Basis der Blumenblätter, die dadurch von der Achse abgelöst werden. Es heben sich dann die Knospen als Hohlkegel von dem Blüthenboden ab. Es können aber auch die neben den Blüthenknospen befindlichen Laubtriebe geweckt und zur Entfaltung gebracht werden; diese nehmen das für die Blume bestimmte Material für sich in Anspruch, und die Knospe wird abgedrückt; sie löst sich mit ihrem Blüthenboden.

Bei zarten Rosen (Maréchal Niel) sehen wir mitten im Sommer nach trocknen Perioden ein Abstoßen der der Entfaltung nahen Blüthenknospen bei Eintritt von Regen. Die Blumenblätter lösen sich unter Fäulniß ihrer Basis, ohne daß die leuchtend gefärbten, aber noch fest aufeinander gepreßten Spitzen derselben sich von einander abgehoben hätten.

Im Anschluß an das vorerwähnte Abwerfen der Blätter nach Sommertrockniß mögen hier einige spezielle Beobachtungen von Bouché ihren Platz finden.[1]) Nach einer Trockenperiode werfen ihre älteren Blätter die Orangenbäume, Ilex, Camellien, Lorbeer- und andere immergrüne Bäume; Thuja wirft

[1]) Bouché und Bolle: Einfluß der Trockenheit. Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. Berlin 1877, S. 246.

ganze Zweige. Im Grunewald bei Berlin sah Bouché in einem sehr trocknen Sommer Kiefern, die nicht nur, wie gewöhnlich, alljährlich am Ende Juli die älteren Nadeln fallen ließen, sondern auch im September zum zweiten Mal schütteten. Bei dem Nachgraben fand man den Boden wie Asche. Die an tiefer liegenden Stellen befindlichen Kiefern zeigten kein zweites Abwerfen der Nadeln. Bolle bemerkte einmal, daß Juniperus virginiana bei einer Höhe von 3 m die unteren Aeste abgeworfen hatte und nach Wasserzufuhr diesen Uebelstand nicht mehr zeigte.

Bei der Senkung des Grundwasserspiegels durch Canalanlagen u. dgl. sieht man nicht selten die in städtischen Anlagen gut gedeihenden Ulmen absterben, nachdem vorher der Borkenkäfer seinen Einzug gehalten. Die Senkung schadet wenig, wenn die Bäume nur noch mit einem Theile ihrer jungen Wurzeln in der Feuchtigkeit bleiben. Experimentell hat diesen Fall Haberlandt[1]) studirt, der den unteren Theil der Wurzeln seiner Versuchspflanzen in destillirtes Wasser tauchen ließ, während die oberen Wurzeln in Bodenschichten verharrten, die, wie Controlversuche ergaben, so trocken waren, daß die Pflanzen darin verwelkten. Die mit ihren äußersten Wurzeln in destillirtes Wasser tauchenden Pflanzen zeigten eine nicht unbeträchtliche Zunahme an Trockensubstanz, woraus hervorgeht, daß die im Trockenen befindlichen Wurzeln die Mineralsubstanzen aufgenommen haben müssen. Aus dieser Arbeitstheilung der Wurzeln erklärt sich das Wachsthum unserer Kulturpflanzen mit tief in einen sterilen, aber nassen Untergrund hineinreichenden Wurzeln trotz trockner Ackerkrume.

Das Abstoßen junger Blüthentrauben bei den Hyacinthen.

Bei Hyacinthenzwiebeln haben mir mehrfache Einsendungen aus verschiedenen Gärtnereien gezeigt, daß der Fall einer Ablösung der ganzen noch unentwickelten Blüthentraube nicht selten ist. Aus vollkommen gesunden Zwiebeln mit bereits weit entwickeltem, ja häufig übermäßig gestrecktem Laubkörper läßt sich die noch ziemlich kurze, ebenfalls ganz gesunde, noch ungefärbte Blüthentraube herausheben. Bei der sehr üppigen, aus Holland stammenden Sorte Baron von Thuyl fand ich die sonst normal entwickelten Blätter stellenweis gelblich und an diesen Stellen schwach geschwollen, ja hier und da sogar geplatzt. Die Blüthentraube war stark, vollkommen gesund, etwa 8 cm lang, mit einem ebenso langen, ganz gesunden Schaft versehen und fast noch vollkommen farblos.

Der Zwiebelschaft hatte sich am Boden losgelöst; die Zellen des Zwiebelbodens erschienen je nach dem Alter der Bruchstelle an derselben in verschiedenem Maaße schlauchförmig aufgetrieben, und diese Auftreibung ließ sich von der Bruchstelle aus auf wechselnde Tiefe hinein verfolgen. Auch die procambialen

[1]) cit. in Biederm. Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1878, S. 314.

Zellen der Gefäßstränge waren zwar seitlich nicht von einander gelöst, aber in der Nähe der Schnittfläche an den dieser zugekehrten Enden blasig erweitert.

Die Gefäße an den Bruchflächen sind einfach abgebrochen und zunächst nicht braun gefärbt, so wie überhaupt die junge Bruchfläche vollkommen ungefärbte Wandungen zeigt.

Der Beginn der Lösung zeigt sich darin, daß einzelne Zellen in einer gewissen Höhe im Basalgewebe des Blüthenschaftes sich abzurunden und auszuwölben anfangen; selten findet dies grade in der Ebene dicht am Zwiebelboden, wo sich das nächst liegende Laubblatt abhebt, statt, sondern in der Regel liegt die Bruchfläche einige Zellschichten höher. Auch ist dieselbe keine vollkommen ebene Horizontalfläche, sondern mit vielen Vorsprüngen versehen. Gleichzeitig mit der beginnenden Wölbung einzelner Zellen der späteren Bruchfläche ist eine Quellung der Membranen dieser Zellen an der Seite erkennbar, an der die Wölbung sich einstellt; es ist eine streifige Mittellamelle der Membranen, welche in Quellung geräth. Auch erfolgt die Quellung nicht in der ganzen Membranschicht gleichmäßig, sondern an einzelnen Stellen in höherem Grade, als an andern, wodurch der gequollene Membranstreifen einen knotigen, stellenweise Einschnürungen zeigenden Verlauf erhält.

Bemerkenswerth erscheint noch an den der Bruchfläche naheliegenden Zellen eine häufig auftretende, perlig unregelmäßige Beschaffenheit der Außenfläche der Zellmembranen. Diese halbkugeligen bis zitzenförmig-kugeligen Auftreibungen entsprechen derjenigen bei der später zu erwähnenden Wollstreifigkeit der Aepfel und sind als einzelne Quellungspunkte der cuticularisirten Außenhaut aufzufassen; denn sie zeigen mit Chlorzinkjod eine rein goldgelbe Färbung, während die übrige Membran intensiv blau wird; bei dem Verblassen behalten die Membranen der zarten Zellen noch nach 8 Tagen einen weinrothen Ton.

Bei zunehmender Quellung und endlichem Auseinanderweichen der Zellen beginnt die gequollene Membran, gelblich zu schimmern. Je länger die Bruchfläche der Luft ausgesetzt ist, desto dunkler wird die Membran und desto weiter greifen Gelbfärbung und Quellung in das gesunde Gewebe rückwärts hinein. Mit der Gelbfärbung beginnt der Verkorkungsprozeß, selten ein Fäulnißvorgang.

Aus der Beschreibung dieses Einzelfalles geht hervor, daß das Abstoßen der Hyacinthenblüthenstände eigentlich ein Akt des Wasserüberschusses in einer gewissen Gewebezone ist; dennoch haben wir ihn unter die durch Trockenheit hervorgerufenen Erscheinungen gebracht. Der Grund dafür ist unsere Ueberzeugung, daß sowohl hier bei den Hyacinthen, wie bei vielen anderen abnormen Lösungsvorgängen der Organe die Quellung der Membranen und Auseinanderwölbung der Zellen nicht eingetreten wäre, wenn nicht in diesen die spätere Bruchfläche darstellenden, noch jugendlichen Zellregionen und dem ganzen darüber liegenden Organe vorher ein Stillstand in der Ernährung durch eine einmalige, wenn auch vielleicht kurze Trockenperiode stattgefunden hätte.

Durch diese Trockenperiode ist die Leitung des Wassers resp. der rohen Bodenlösung nach dem Organ erschwert worden und vollzieht sich langsamer wegen der geringer gewordenen Permeabilität der Membranen. Plötzliche Stöße, wie z. B. plötzliche, reiche Wasserzufuhr, pflanzen sich langsam fort; sie kommen, wie oben bereits gesagt, nur in den noch jugendlichen Gewebezonen zur augenblicklichen Wirkung. Dort ist aber grade, weil der Stoß von dem übrigen Gewebe langsam fortgeleitet, also das jugendliche, früher getroffene Gewebe an der Basis des Organs langsamer entlastet wird, die Wirkung eine gesteigerte. In zahlreichen Fällen erzeugt diese Steigerung der Wasserzufuhr Quellungen der Membranen und Auseinanderwölbungen der Zellen, die eine Ablösung des ganzen Organs einleiten.

Soweit derartige Zustände bei Kulturen auftreten, die durch künstliche Wasserzufuhr geregelt werden, ist zur Vermeidung der genannten Uebelstände eine gleichmäßige Bewässerung das beste Vorbeugungsmittel.

Blüthendrang.

Dauernde Trockenheit hat bei vielen Kulturpflanzen zur Folge, daß der Holztrieb geschwächt, aber dafür die Anlage von Blüthenknospen übermäßig gesteigert wird. Es findet durch den dauernden Wassermangel insofern eine andere Verwendung des vom Laubkörper erarbeiteten, plastischen Materials statt, als nicht genügend Wasser zur Streckung der Organe vorhanden ist. Demzufolge sind die Internodien kurz und gehen schneller in den Dauerzustand über. Das plastische Material wird gleichsam concentrirter und reichlicher in Form von Reservestoffen, die zur Ausbildung von Blüthenknospen nothwendig, niedergeschlagen.

Es ist bei den Gärtnern ein bekannter Kunstgriff, der namentlich bei Rosen[1]) zur Anwendung gelangt, daß man die Sträucher, die zum Treiben im Frühjahr bestimmt sind, schon im Vorjahre in Töpfe pflanzt und diese schon im August verhältnißmäßig sehr trocken hält; die Triebe sind dann kurz, aber die Augen derselben sehr kräftig. Man weiß ferner, daß Cacteen bei üppiger Ernährung stark wachsen, aber schlecht blühen, und ein erfolgreiches Hülfsmittel bei Liebhabern besteht darin, daß man Cereus u. dgl. Pflanzen im Herbste in den Töpfen im warmen Zimmer bis zum Schrumpfen austrocknen läßt oder sie gar aus dem Boden herausreißt und nach dem Welken später wieder einpflanzt. Die geschrumpften Exemplare bilden in der nächsten Vegetationsperiode meist reichlich Blüthen. Bouché[2]) giebt an, daß Coreopsis **aristosa Mchx.** im ersten Jahre nach der Einführung aus Amerika so spät blühte, daß keine Samen reif wurden. Bei Topfkultur und schwacher Nährstoffzufuhr

[1]) Monatsschrift d. Ver. z. Bef. d. Gartenb. 1880, S. 163.
[2]) Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. 1880, S. 482.

hat sich die Pflanze derart accomodirt, daß sie jetzt im Juli reife Samen bringt.

Borggreve[1]) sah, daß an mehreren hochstämmigen, ca. 15jährigen Fichten, die in den botanischen Garten zu Bonn verpflanzt worden waren, sich im folgenden Jahre der Terminaltrieb in ein weibliches Blüthenkätzchen verwandelt hatte.

Auch von Cryptogamen behaupten bedeutende Forscher, daß Ernährungsstörungen die Sporenbildung befördern. So giebt van Tieghem an,[2]) daß bei den Mucorineen Zygosporenbildung eintritt, wenn irgend ein Nährstoff fehlt, oder Luft- oder Wassermangel vorhanden sind.

Wenn in der freien Natur an trocknen Standorten sich aber allmählich die Pflanzen gewöhnen, reiche Blüthenproduktion mit ungenügender Holzbildung zu zeigen, dann stellen sich Schwächezustände ein, die sich durch Absterben einzelner Zweigspitzen und Kleinlaubigkeit kennzeichnen.

Es wird den Pflanzen durch die Entfaltung so massenhafter Blüthen und event. durch die folgende Fruchtentwicklung so viel Material genommen, daß es der an und für sich geringe Laubkörper nicht mehr genügend im Jahre zu ersetzen vermag; dadurch bleibt zu wenig Reservenahrung zur Anlage und Ausbildung neuer Laubknospen übrig. Schließlich geht die Pflanze zu Grunde: sie „blüht sich todt".

Der Blüthendrang, resp. übermäßig gesteigerter Fruchtansatz braucht aber nicht immer als Ursache von Schwächezuständen zu erscheinen, sondern kann auch als Symptom bereits vorhandener Schwäche auftreten.

Jede längere Störung in der Wasserleitung, jeder das vegetative Leben zurückdrückende Vorgang kann auf die reproduktive Lebenssphäre beschleunigend wirken. So weiß man, daß kränkelnde Exemplare, namentlich solche, die an Wurzelerkrankungen leiden, zu erhöhter Blüthenentwicklung geneigt sind. Eine die Sache sehr schön illustrirende Beobachtung hat John Scott[3]) geliefert. Derselbe sah nach dem Abhauen einer Araliacee (Heptopleurum umbraculiferum), daß ein benachbarter Sandelbaum (Santalum album), der mit seinen Haftknöllchen vielfach mit den Wurzeln obiger Nährpflanze in Verbindung gewesen, nach wenigen Monaten ganz entblättert war und 3 Jahre hindurch kränkelte, aber reichlich blühte.

Daß bei der Verschiedenartigkeit der Ursachen für überreichen Blüthen- und Fruchtansatz keine allgemeinen Heil- oder Vorbeugungsmittel angeführt werden können, ist selbstverständlich. Es muß in jedem Einzelfalle zunächst die

---

[1]) Forstliche Blätter 1880, Bd. 17, S. 245.

[2]) van Tieghem: Observations au sujet d'un travail de M. Brefeld sur les Mucorinées et en particulier sur le Pilobolus. Bull. d. l. soc: bot de France t. 23, 1876, S. 35 ff.

[3]) John Scott: Untersuchungen über einige indische Loranthus-Arten und über den Parasitismus von Santalum album. Botan. Jahresbericht 1874, S. 994.

Ursache gesucht werden. Da, wo sich die Pflanze als gesund erweist, wird man die Trockenheit wahrscheinlich allein zu beseitigen haben; ist aber der Blüthendrang symptomatisch, dann wird man zur Beseitigung der Schwäche schreiten müssen. Wurzelfäulniß muß durch Umpflanzen und Zurückschneiden bekämpft werden. Wurzelarmuth, wie solche z. B. bei Quitten auf trockenem Boden anzunehmen ist, wenn dieselben als Unterlage starkwüchsiger Birnensorten dienen, muß durch tieferes Pflanzen oder Erhöhung der Bodenkrume und flüssige Düngung zu verbessern gesucht werden. Uebrigens ist in neuerer Zeit mit Recht darauf aufmerksam gemacht worden, daß bei den Obstbäumen unsere ganze Kulturrichtung auf die Vermehrung der Blüthenproduktion abzielt. Man denke außer an den Gebrauch der Zwergunterlagen nur noch an die Manipulation der Wurzelveredlung, der oberflächlichen Pflanzung, der Doppelveredlung.

Ausdünnen der Blüthen ist in allen Fällen gut. Je früher man ausdünnt, desto besser; am besten ist schon die Entfernung überschüssiger Blüthenknospen im Herbst, weil dann der Baum die stehengelassenen Knospen noch in dem Jahre ihrer Anlage durch das ersparte Material besser ausbildet.

Schwäche des geschlechtlichen Reproduktionsaktes (Taubblüthigkeit).

Es kann bei der Mannigfaltigkeit der Combinationen unserer Kulturverhältnisse nicht Wunder nehmen, daß ein bei demselben Vegetationsfaktor sich einstellender Mangel ganz verschiedenartige, oft scheinbar entgegengesetzte Wirkungen hervorbringt. So haben wir jetzt im Anschluß an die oben erwähnte, extreme Steigerung des Blüthenansatzes auch Erscheinungen von Schwächezuständen in der Blüthenausbildung zu registriren.

Hoffmann[1]) fand als Gesetz seiner seit 1877 fortgesetzten Kulturversuche, daß eine relative Dürftigkeit der Ernährung die Bildung cleistogamer Blüthen begünstigt, ohne grade deren Ursache zu sein; er erwähnt (S. 296), daß auch Darwin, Ludwig, Michalet dieser Ansicht huldigen (Bot. Z. 1878, S. 741 — Bot. Centralbl. 1881, Nr. 42, S. 89). Bei der typischen, einfachen Nigella arvensis mit Petalen traten bei der Freilandkultur 1865—1868 nur 2 Umschläge in die apetale, gefüllte f. monstrosa auf; bei Topfaussaat mit kümmerlicher Ernährung traten dagegen unter 172 Pflanzen 33 mit monströsen, apetalen Blüthen auf.

Bouche[2]) giebt an, daß Viola odorata und mirabilis bei kühlem Wetter im Frühling und Herbst große Blumen, dagegen während der Sommerhitze kleine Blumen mit kaum zu entdeckenden Petalen entwickeln. Alsine media, Erophila verna, Holosteum umbellatum, welche in den ersten Frühlingstagen sehr großblumig sind, verkleinern ihre Petalen mit zunehmender Tageslänge immer mehr. Die Blumenkronen der Pavonia hastata und praemorsa, welche

[1]) Culturversuche über Variation. Bot. Zeit. 1883, Nr. 17—21.

[2]) Sitzungsber. d. Ges. naturf. Freunde z. Berlin, cit. Bot. Z. 1875, S. 122.

Ende Mai ihre Blüthezeit beginnen, clandestiniren bis gegen die herbstliche Tag- und Nachtgleiche; von da an werden die Blumen wieder größer.

Oberdieck[1]) beobachtete in Folge von Trockenheit, daß großblumige Stiefmütterchen die Blüthen taub abfallen lassen, während sie bei Feuchtigkeit Samenkapseln entwickeln; ebenso verhalten sich die gefüllten Zinnien, der rothblühende Lein und häufig selbst Phlox Drummondi. Auch Gartenbohnen setzen in trocknen Jahren wenig an; die Remontantrosen blühen nur einmal reichlich und liefern später nur noch vereinzelte Blumen, und Himbeeren sowie Erdbeeren kleine Früchte. Bei der Monatserdbeere zeigt sich in jedem folgenden Jahre zunehmend eine Ausartung, welche die Pflanzen der Vierlander Erdbeere ähnlich macht, indem sie keine fruchtbaren Blüthen mehr entwickeln. Blumenkohl auf Boden, der im Frühjahr und Herbst gedüngt und gut umgegraben war, liefert in trocknen Jahren nur Blüthenstände von sehr geringer Größe mit ungleichlangen Aesten. Convolvulus tricolor produzirt in trocknen Jahren vielfach weiße Blumen, Tagetes patula und erecta liefern aus Samen gefüllter Blumen gern einfachblühende Pflanzen. Auch die Lambertsnuß wird gern unfruchtbar.

Von Castanea americana sah Meehan[2]) einen 40 Fuß hohen Baum, der bisher reichlich Früchte getragen, aber darauf zu kränkeln anfing, was sich durch Gelbwerden der Blätter kund gab. In diesem kränklichen Zustande hat er tausende von männlichen Blumen, aber nicht eine einzige weibliche mehr entwickelt.

Auch bei Dichtsaat wird sich ein Wasser- und Nährstoffmangel geltend machen.

Die neueste Publikation von H. Hoffmann[3]) giebt die Resultate vielfacher Anbauversuche, welche sowohl in Töpfen, als auch in freiem Lande behufs Feststellung des Einflusses der Dichtsaat bei verschiedenen Pflanzen ausgeführt worden sind. Es kamen dabei auf 100 Weibchen zur Entwicklung an Männchen:

von	bei dichter Saat	bei lockerem Stande der Pflanzen
Lychnis diurna	233	125
„ „	200	77
Lychnis vespertina	150	73
Mercurialis annua	100	90
Rumex Acetosella	152	81
Spinacia oleracea im Mittel von mehreren Aussaaten	283	76
Cannabis sativa	71	78
„ „	60	96

[1]) Deutschlands beste Obstsorten, Leipzig. Voigt. 1881, S. 9, Anmerkung.

[2]) Meehan: On two classes of male Flowers in Castanea etc. Bot. Z. 1874, S. 334.

[3]) H. Hoffmann: Ueber Sexualität. Bot. Zeit. 1885, Nr. 10.

Mit Ausnahme des Hanfes, bei welchem übrigens ein Versuch, weil mißglückt, nicht hätte in Rechnung gezogen werden sollen, ergiebt sich also eine bedeutende Steigerung des Prozentsatzes bei beschränktem Bodenraum für die Wurzeln.

Cugini[1]) fand bei Mangelpflanzen von Mais, die zu 10—12 in einem Topfe erzogen worden waren, 2 Exemplare, die nur männliche Blüthen mit an der Basis sparsamen weiblichen Aehrchen hatten; andere Exemplare besaßen nur weibliche, laterale wie terminale Aehren, und außerdem gab es noch solche, die ausschließlich männliche Aehrchen hatten.

Bei den Beispielen, welche eine Aenderung in der Ausbildung der Geschlechtsorgane in Folge von Dichtsaat zeigen, läßt sich schon schwer entscheiden, ob in den einzelnen Fällen der Wassermangel allein oder dieser und der Mangel an anderen wichtigen Nährstoffen die Schuld tragen. Wahrscheinlicher ist der letztere Fall, da man sich sagen muß, daß die sehr dicht stehenden Pflanzen einander das gesammte Nährstoffmaterial eines gewissen Bodenvolumens, namentlich die zur Plasmabildung unentbehrliche Stickstoffmenge streitig machen werden. Es werden dann die von Anfang an gut situirten Pflanzen d. h. die aus kräftigeren Samen hervorgegangenen, stärkeren Exemplare ein Uebergewicht erhalten und im Stande sein, durch Vorwegnahme eines reicheren Bodenmaterials noch weibliche Blüthen auszubilden, während die schwächlicheren Pflanzen nur noch zur Produktion männlicher Blumen Nährstoffe genug vorfinden.

Sehr schöne experimentelle Beobachtungen liefert in dieser Beziehung Prantl[2]) an Farnprothallien. Die Erfahrung zeigt nämlich, daß bei Aussaaten von Farnsporen die mannigfachsten Variationen unter den Prothallien auftreten. Manche von ihnen besitzen ein fortbildungsfähiges Gewebe (Meristem), während andere desselben entbehren, also „ameristisch" sind. Frühere Untersuchungen[3]) zeigten dem Forscher, daß die Ameristie sowohl bei zu geringem Luftzutritt, als auch bei mangelhafter Wasser- und wohl auch Mineralstoffzufuhr eintreten kann. Die Beobachtung, daß unter den günstigsten Beleuchtungsverhältnissen bei zu dichtem Stande der Prothallien ameristische Individuen erscheinen, führte zu dem Versuch, den Einfluß der Stickstoffzufuhr direkt zu prüfen. Es wurden Sporen der schnell keimenden Osmunda regalis und der Ceratopteris thalictroides in verschiedene Nährstofflösungen ausgesäet. Es zeigte sich nun, daß die in destillirtem Wasser gekeimten Sporen ameristische Prothallien hervorbrachten; sie bildeten Flächen von 15—25 Zellen von ziemlich gleicher Größe und gleichem Inhalt; die Chlorophyllkörner waren arm an Stärke. Dagegen

[1]) Cugini: Intorno ad un anomalia della Zea Mays, cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 1130.

[2]) Prantl: Beobachtungen über die Ernährung der Farnprothallien und die Vertheilung der Sexualorgane. Bot. Zeit. 1881, S. 753.

[3]) Flora 1878, S. 499.

zeichneten sich die in einer sonst normalen, aber stickstofffreien Nährlösung erwachsenen Prothallien durch ungemein großen Stärkegehalt aus, glichen aber sonst den in destillirtem Wasser gezogenen Individuen. Nur die in Nährlösung mit Stickstoffbeigabe (0,64 $^0/_{00}$ salpeters. Ammon) erzogenen Exemplare waren meristisch. Ihr Vorderrand war schon mit der Lupe als dunkler gefärbt erkennbar und zeigte ein deutliches Meristem, während Basis und Mitte, wie bei den normal auf Torf ausgesäeten Exemplaren und den auf Wasser erwachsenen, aus Zellen mit reichlichem Chlorophyll und wenig Stärke bestanden.

In der Versuchsreihe, in welcher nur salpetersaures Ammoniak als Nährlösung gegeben worden war, trat keine normale Entwickelung ein. Es bildeten sich kleine unregelmäßige Zellkörper mit abnormen, kurzen Rhizoiden; eine Verdünnung der Lösung änderte auch nach Jahresfrist das Resultat nicht.

Die ameristischen Prothallien fristeten noch $1\frac{1}{2}$ Jahr lang ihr Leben, indem sie auf demselben Stadium stehen blieben und nur zuletzt ihre Stärke verloren, während sich die meristischen weiter entwickelten. Wurden Exemplare von Letzteren in stickstofffreie Nährlösung übertragen, so war nach 14 Tagen das Meristem verschwunden, indem die Zellen sich sämmtlich vergrößert, ab und zu sich auch getheilt und mit Stärke gefüllt hatten.

Wenn dagegen ameristische Prothallien in eine vollständige Nährlösung gebracht wurden, bildete sich alsbald am Vorderrande ein Meristem durch wiederholte Theilung der Zellen, während die Stärkevorräthe sich verringerten.

Daß außer der Stickstoffzufuhr zur Bildung des plasmareichen Meristems auch die Assimilationsprodukte der Kohlenhydratreihe gehören, beweist folgender Versuch. Stärkereiche, ameristische Prothallien von Osmunda wurden in stickstoffhaltige Nährlösung bei Abschluß der Kohlensäure der Luft übertragen. Die Stärkevorräthe verschwanden zwar auch, wurden aber nur zum Wachsthum der Zellen verbraucht, ohne daß sich ein Meristem bildete. Offenbar reichte die Stärke nicht aus, um mit den durch Stickstoffzufuhr gegebenen Bestandtheilen Eiweißstoffe zu bilden. Ob dabei Asparaginanhäufung wie bei Kohlehydratmangel an phanerogamen Pflanzen sich einstellt, ist nicht untersucht worden.

Dieselben Resultate, die hier von Osmunda regalis angegeben, zeigten sich auch bei Wasserkulturen von Polypodium vulgare und Aspidium Filix mas.

Bei den Aussaaten der Sporen von Ceratopteris, die größeres (wahrscheinlich stickstoffreiches) Reservematerial enthalten, erzeugten die Prothallien in stickstofffreier Nährlösung anfangs ein Meristem; dasselbe stellte aber mit Erschöpfung der Reservestoffe seine Thätigkeit ein.

Je nach den Ernährungsverhältnissen variirt nun auch die Vertheilung der Sexualorgane. Ameristische Prothallien tragen nur Antheridien, niemals Archegonien, welche an die Gegenwart eines Meristems gebunden sind. Besonders wichtig ist nun die Beobachtung Prantl's, daß ameristische Prothallien von Osmunda, welche vereinzelte Antheridien getragen hatten, nach Stickstoff-

zufuhr reichlich Archegonien entwickelten, wobei außer diesen auch noch Antheridien auftraten.

Aus diesen, durch Nährstoffzufuhr herbeigeführten Veränderungen erklärt sich ungezwungen die von verschiedenen Autoren bei manchen Farnen angegebene „Neigung zur Diöcie“, die von Millardet für Osmunda ausgesprochen, von Bauke[1]) für die Cyatheaceen und für Platycerium[2]), von Jonkmann[3]) für die Marattiaceen angegeben worden ist. Es ist also wohl keine Prädestination des Geschlechtes in der Spore hierbei anzunehmen.[4])

Ausgeschlossen ist eine solche allerdings nicht.

Weitere, hierher gehörige Notizen citirt H. Hoffmann[5]) zunächst von Hofmeister, welcher annimmt, daß bei Equisetum die Prothallien am Lichte und an trocknem Standort entschieden mehr Antheridien produziren, also (da die Vorkeime fast ganz zweihäusig sind) mehr männliche Pflanzen bringen. Borodin fand, daß keimende Sporen von Allosurus sagittatus, in die Dunkelheit gebracht, Antheridien entwickeln.

In Bezug auf phanerogame Pflanzen ist die Angabe von Knight als eine der frühesten zu betrachten, daß Melonen und Gurken bei hoher Tempe-

---

[1]) Pringsheim's Jahrbücher X, S. 97.

[2]) Bot. Zeit. 1878, S. 757.

[3]) Extrait des Actes du Congrès international. Amsterdam 1877.

[4]) Prantl (S. 773 a. a. O.) giebt an, daß für die Erscheinung des Fehlens der Antheridien an Archegonien tragenden Prothallien eine Erklärung bis jetzt fehlt. Mir scheint der so vielfach zu beobachtende Umstand zur Erklärung auszureichen, daß die reiche Entwicklung eines Organs die schwächliche Ausbildung oder gänzliche Unterdrückung eines andern Organs veranlassen kann. Angegeben ist, daß ein reichlicherer Stickstoffvorrath (Reservestoffe) reichere Antheridienbildung (Ceratopteris) in stickstofffreien Lösungen verursachen kann; dieselben brauchen sicher außer den Kohlenhydraten zu ihrer Bildung auch Stickstoff. Wird derselbe durch bevorzugte Wachsthumsthätigkeit der Meristemzone für die Archegonien verbraucht, so bleibt zu wenig für die Antheridienbildung übrig.

Nach dieser Auffassung erklärt sich auch der scheinbare Widerspruch zwischen Prantl und Kny*), der die Antheridienbildung an den ameristischen Prothallien von Ceratopteris für die Ursache des Ausbleibens der Archegonien ansieht, während Prantl dies ausschließlich auf Nährstoffmangel zurückführt. Thatsächlich ist aber die Antheridienbildung doch auch eine Ursache des Stickstoffmangels für die Gewebe an der Spitze des Prothalliums, und in der Natur sind gewiß Fälle vorhanden, bei denen einzelne Prothallien soviel Stickstoffvorrath haben, daß sie wohl Archegonien bilden könnten. Es kommt nun darauf an, welche Combination unter den Vegetationsbedingungen Platz greift und wohin die größte Wachsthumsenergie verlegt wird. Ist dies die Spitze des Prothalliums, dann verbraucht dieselbe den Stickstoffvorrath in erster Linie zur Archegonienentwicklung und läßt den Rest für die Ausbildung der Antheridien. Tritt eine Hemmung der Meristemzone oder eine hervorragende Förderung der Flächenzellen ein, dann kann die Antheridienbildung derart überwiegen, daß für die Archegonienbildung kein Stickstoff mehr übrig bleibt.

[5]) H. Hoffmann: Zur Geschlechtsbestimmung. Bot. Z. 1871, Nr. 6 und 7.

---

*) Entwicklung der Parkeriaceen, S. 10 ff.

ratur nur männliche, im andern Falle dagegen nur weibliche Blüthen hervorbringen. Am meisten bestätigt durch spätere Angaben finden sich die Beobachtungen von Mauz[1]) welche auch die Knight'schen Angaben bestätigen. Mauz kommt zu dem Resultate bei seinen Versuchen, daß sowohl bei monöcischen als auch bei diöcischen Pflanzen die Entwicklung des männlichen Geschlechtes durch Trockenheit, freien Einfluß von Licht und Luft, dagegen die des weiblichen durch Feuchtigkeit, guten Dünger und Lichtmangel begünstigt wird. Auch sollen männliche Pflanzen durch Abschneiden ganzer Aeste in fruchtbare Zwitter verwandelt werden können.

Hoffmann erwähnt nun ferner, daß ein normaler Geschlechtswechsel sich bei manchen Bäumen constatiren läßt, so z. B. bei Aesculus Hippocastanum, der Roßkastanie, und bei Kiefer, die in einem Jahre männlich, im folgenden zwitterig blühen. Neuere Untersuchungen desselben Forschers[2]) führen zu dem Ergebniß, daß die Fruchtblattvermehrung bei dem monströsen Mohn (Papaver somniferum f. polycarpica monstrosa) nur bei kräftigen Pflanzen eintritt. In der Regel werden Kümmerlinge (unter 15 mm Blüthendurchmesser) niemals monströs.

Wir haben oben ausgesprochen, daß die Möglichkeit nicht ausgeschlossen ist, das Geschlecht der Pflanze sei schon in der Spore prädestinirt. Wir können uns nämlich recht gut vorstellen, daß die Ernährung gewisser Sporen entweder durch zufällig stattfindende, oder in Folge vortheilhafterer Stellung erhöhte Nahrungszufuhr eine bessere ist. Die besser ernährten Sporen könnten zur Erzeugung weiblicher Exemplare geneigter sein.

Bei den Phanerogamen wenigstens ist die Behauptung vielfach ausgesprochen worden, daß schon in der Gestalt des Samens mancher Pflanzen das Geschlecht der zukünftigen Individuen erkennbar wäre. So wird z. B. von den Hanfsamen angegeben (Belhomme), daß die Form der Samen schon einen Schluß auf das Geschlecht der späteren Pflanze zulasse, indem die länglichere oder kugeligere Gestalt, wie bei den Vogeleiern auf ein männliches oder weibliches Individuum hinweisen. Karsten[3]) konnte allerdings die von Belhomme für die Hanfsamen angegebenen Merkmale nicht auffinden; dagegen hat derselbe an den Palmen werthvolle Beobachtungen gemacht.

Auf seinen Reisen fand Karsten, daß das Geschlecht der Palmenblüthen durch die klimatischen und Bodenverhältnisse sehr beeinflußt werde, indem in den Zwitterblumen bald mehr das eine, bald das andere Geschlechtsorgan fehlschlage. Die in Sümpfen oder in feuchten Wäldern wachsenden Palmen haben

---

1) 4. Beilage zur Flora 1822, Bd. V, 2, und Correspondenzblatt d. württemberg. landwirthsch. Vereins, Bd. I, t. Hoffmann a. a. O., S. 88.

2) Bot. Zeit. 1882, S. 508.

3) Tiré-à-part du Bulletin du Congrès International de Botanique et d'Horticulture, convoqué à Amsterdam, Avril 1865 und Linnaea 1857, S. 259.

in der Regel Zwitterblumen und werden polygamisch durch Nährstoffmangel. Die an trocknen Abhängen oder in wasserarmen Ebenen wachsenden Gattungen sind „regelmäßig (nicht gesetzmäßig) getrennten Geschlechtes“ und tragen männliche und weibliche Blumen in getrennten Aehren. Gegen das Ende der Regenzeit und bei Beginn der trocknen Jahresperiode reifen die Früchte. Dieser Prozeß beansprucht viel Nährstoffe, und es entfalten sich dann fast nur männliche Blumen, während nach der Ruheperiode am Ende der trocknen Jahreszeit und zu Anfang der allmählich eintretenden Regenzeit vorherrschend die Anlage weiblicher Organe stattfindet.

Weitere Studien ergaben, daß die besternährten, mit vielem Eiweiß versehenen, großen Samen mehr weibliche Pflanzen liefern, während die in einem kleineren, nur wenig nährendes Albumen enthaltenden Samen eingeschlossenen Keime zu männlichen Pflanzen werden. „Auch den jüngst gekeimten Pflänzchen sieht man es schon an, ob sie männlichen oder weiblichen Geschlechtes sind, indem die den eiweißreichen Samen entkeimten, jungen Palmen viel dickere Stamm- und Blattstielbasen haben, als die schmächtiger bleibenden, männlichen Pflanzen, welche sich aus den an Eiweiß ärmeren Samen entwickeln. Auch die Größe des Embryo geht, wenn auch in geringerem Maaße, parallel mit der Größe des Samens.

Die neuesten von Heyer[1]) veröffentlichten Untersuchungen an Mercurialis annua bestätigen die auch von Delpino beobachtete Verschiedenartigkeit zwischen männlichen und weiblichen Pflanzen. „Die weiblichen Pflanzen unterscheiden sich ceteris paribus von den männlichen durch ein dunkleres Grün, durch ein höheres Gewicht und durch ein gedrungeneres Wachsthum.“ Das gedrungenere Wachsthum glaubt Delpino nur bei den einjährigen Diöcisten vorhanden, deren weibliche Blüthenstände deßhalb kräftiger sein sollen, weil sie nach dem Verblühen noch den Samen zu tragen haben, während bei den Bäumen der größte Theil der Reservenahrung auf die ungeschlechtliche Knospenbildung verwendet werde. Gegenüber dieser letzteren Ansicht führt Heyer als Beispiele diöcischer Bäume mit Geschlechtsunterschieden an: Ailanthus glandulosa, Acer rubrum und dasycarpum und Gingko biloba.

Das angegebene Merkmal des dunkleren Grüns der weiblichen Pflanzen dürfte auf einen größeren prozentischen Stickstoffgehalt mit Bestimmtheit hinweisen, da wir bei unsern Kulturpflanzen thatsächlich durch reiche Stickstoffdüngung eine gesättigtere Färbung erzielen.

Daß solche saftigere, weibliche Pflanzen empfindlicher gegen Störungen sind, geht aus den weiteren Untersuchungsergebnissen von Heyer hervor: „Bei

[1]) Heyer: Untersuchungen über das Verhältniß des Geschlechtes bei einhäusigen und zweihäusigen Pflanzen unter Berücksichtigung des Geschlechtsverhältnisses bei den Thieren und dem Menschen. Inauguraldissertation, Halle 1883, cit. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 27, S. 5.

beschatteten Pflanzen zeigt sich, daß die weiblichen Pflanzen eine geringere Menge an Trockensubstanz gebildet hatten, als die männlichen, während es bei den nicht beschatteten Pflanzen grade umgekehrt war."

Als Gesammtresultat der hier angeführten Einzelbeobachtungen ergiebt sich die Anschauung, daß das Geschlechtsleben der Pflanzen von den äußeren Verhältnissen abhängig ist. Diese Verhältnisse modifiziren für Vegetationsepochen oder ganze Generationen die typisch gewordene Entwicklung. Vorzugsweise ist der Nährstoffvorrath maßgebend für den Charakter der sich entwickelnden Geschlechtsorgane. Großer Reichthum an Stickstoffnahrung begünstigt die Anlage der weiblichen Geschlechtsorgane.

Ob die weiblichen Anlagen zur Ausbildung kommen, hängt aber von Nebenumständen ab. Die Stickstoffzufuhr allein ist nicht fähig zur Entwicklung der weiblichen Anlagen; es gehören dazu eine größere Menge frisch assimilirter oder in Reserve gelegener Kohlenhydrate, durch welche der Zellinhalt eine genügende Concentration erhält, welche den Turgor herabmindert. Daher die unleugbare Begünstigung des Fruchtansatzes bei reicher Assimilationsarbeit und relativ kühler Witterung nach einer Ruheperiode der Pflanze.

Wird die Ruheperiode nicht innegehalten, bleibt der Pflanzentheil in fortwährender vegetativer Thätigkeit, so verbraucht er das gesammte plastische, stickstoffhaltige und stickstofffreie Material zur Bildung vegetativer Zellen. Ein unzeitgemäßes Erwecken oder nicht genügendes Erlöschen der noch thätigen vegetativen Bildungssphäre führt zu Sprossungs- und Verlaubungserscheinungen.

Nährstoffmangel, der hier gleichbedeutend ist mit Mangel an assimilirtem plastischem Material, wird in den Blüthen zunächst die Anlage der weniger Stickstoff beanspruchenden, männlichen Organe in überwiegender Menge veranlassen. Zur Uebereinstimmung der vorerwähnten Einzelfälle ist zu betonen, daß solcher Nährstoffmangel in den Blüthen durch sehr verschiedene Ursachen bedingt sein kann. Es kann Assimilationsschwäche bei Dichtsaat und wirklicher Mangel an Rohnahrung auftreten; es kann aber auch nur durch Trockenheit mangelhafte Zuleitung zu den Blüthenknospen vorhanden sein oder endlich durch übergroßen Wärme- und Lichtreichthum ein zu hochgradiges Verathmen der organischen Substanz durch die Blumenblätter sich einleiten u. dgl. mehr.

Daß selbst, wenn alle Faktoren möglichst günstig sind, vielleicht sogar die Form des gebotenen Stickstoffs maßgebend für die Ausbildung der Geschlechtsorgane sein kann, ist ein Punkt, der bisher noch nicht beachtet worden, aber der Aufmerksamkeit wohl werth ist. Ich werde auf diese Vermuthung durch eine Angabe von Kellner[1]) gebracht, der bei seinen Kulturen von Reis findet, daß der Stickstoff, als Salpetersäure und Ammoniak verabreicht, dauernd am

[1]) Mittheilungen aus dem agrikulturchemischen Laboratorium zu Tokio. Versuchsstationen XXX. I. 1883, S. 32.

günstigsten wirkt, während er als Salpetersäure allein in der Nährstofflösung die Entwicklung des Sumpfreises in den ersten Wochen nach der Keimung hemmt; dagegen begünstigt das Ammoniak die Entfaltung der jungen Pflanzen sehr, in späteren Stadien aber benachtheiligt es das Wachsthum, verhält sich also grade umgekehrt, wie die Salpetersäure.

Wir haben Untersuchungen von Emmerling, welche zeigen, daß die aus dem Boden aufgenommene Salpetersäure, welche in allen Theilen der Wurzel und des Stengels nachweisbar, in den Blättern und andern grünen, im lebhaften Wachsthum begriffenen Pflanzentheilen (Blüthen und Früchten) rasch verschwindet, so daß sie dort nur spurenweise zu finden ist.[1]) Es kann daher kaum zweifelhaft sein, daß in den grünen Organen auch die Eiweißstoffe gebildet werden. Ammoniaksalze spielen bei der Entstehung dieser Verbindungen im Vergleich mit der Salpetersäure eine untergeordnete Rolle, was sich daraus ergiebt, daß in den Blättern stets etwas freies Ammon, ja sogar mehr als im Stengel (es handelt sich hier immer um die Puffbohne) vorhanden gewesen, während die energisch verbrauchte Salpetersäure in den Blättern verschwunden war.

Es könnte somit sehr wohl möglich sein, daß Ammoniaksalze im Boden große Stickstoffvorräthe repräsentiren, aber aus Mangel an genügend schneller Oxydation zu Salpetersäure schlecht für die Pflanze verwendbar bleiben und in Folge dessen die Salpetersäure beanspruchenden weiblichen Blüthen nicht zur Ausbildung oder gar nicht erst zur Anlage gelangten.

Daß kräftige Pflanzen meist die vortheilhaft gestellten Samen auch besonders kräftig ausbilden werden und daß diese starken Samen vielfach kräftigere Pflanzen mit vorherrschender Neigung zur Entwicklung des weiblichen Organs bilden werden, ist eigentlich anzunehmen. Aber auch die nicht kräftigen Exemplare werden ihre für die Ernährung besonders günstig am Blüthenstande gestellten Samenanlagen relativ kräftig ausbilden und zu weiblichen Pflanzen veranlagen. Da die Blüthenstände bei derselben Gattung denselben Bau haben, so ist es recht gut denkbar, daß, wenn man sehr große Massen von Exemplaren in Betracht zieht, man ein constantes Verhältniß zwischen männlichen und weiblichen Exemplaren für eine jede Spezies erhält, weil bei den nach Tausenden zählenden Massen die durch besondere Verhältnisse hervorgerufenen, lokalen Abweichungen vom Typus verschwinden. Von diesem Standpunkte aus fassen wir den sich auf eine Durchsicht von mehr als 20 000 Exemplaren von Mercurialis annua stützenden Satz von Heyer auf, daß das Geschlecht der zukünftigen Pflanze bereits im Samenkorn entschieden sei und durch äußere Einflüsse nicht abgeändert werden könne.

Bei so großen Zahlen verschwinden die lokalen Abweichungen, die durch besondere Ernährungsverhältnisse sicher hervorgerufen werden. Betreffs dieser

---

[1]) Emmerling: Studien über die Eiweißbildung in der Pflanze. Aus Versuchsstationen 1880, Bd. XXIV, cit. in Biedermann's Centralbl. 1880, S. 335.

dürfen wir als feststehend annehmen, daß Mangel an Nährstoffen das Ueberwiegen der männlichen Organe einleitet und die Fruchtbarkeit herabmindern.

Dörren und Anwelken des Saatgutes.

Einen für die Praxis beachtenswerthen Versuch über den Einfluß des Wassermangels auf die Blüthenproduktion veröffentlichte Wollny [1]), der zur Prüfung früherer Beobachtungen, nach welchen Samen von Kürbis, Gurken, Melonen und Lein durch Dörren (30—50° C.) produktivere Pflanzen ergaben, die Versuche mit Buchweizen, Hülsenfrüchten und Getreide wiederholte. Die Samen wurden 21 u. z. Th. 44 Tage bei einer Temperatur von 32—35° C. gehalten. Bei der ersten Entwicklung zeigte sich, daß gedörrte Samen meist ein geringeres Keimprozent aufwiesen, daß das Wachsthum verlangsamt und unregelmäßiger, die Körnerernte aber in den meisten Fällen eine höhere war. Wenn man Vortheile von dem Dörren der Samen erhalten will, hat man aber wohl die Temperaturhöhe zu berücksichtigen; es ist nicht gleichgültig, ob das Wasser aus den Samen durch kürzere Einwirkung einer höheren oder durch längere Dauer einer minder hohen Temperatur entfernt wird. Van Tieghem und Bonnier [2]) trockneten eine Parthie Getreidesamen bei 100° und die andere Hälfte bei 35° bis die Körner keinen Gewichtsverlust zeigten. Von der ersteren Menge keimten keine Körner; von der zweiten, bei geringerer Temperatur gedörrten, zeigten Roggen 100%, Hafer 99%, Gerste 83% und Mais 20% Keimlinge. Eine sehr kurze Einwirkung von 100° hatte die Körner lebendig gelassen. Uebrigens ist daran zu erinnern, daß die Praxis das Dörren durch die Verwendung mehrjähriger Samen seit langer Zeit zu ersetzen pflegt. Die häufigste Anwendung findet bei den Samen der Cucurbitaceen statt. Von Salat, Spinat und Rettig nimmt man an, daß Pflanzen aus altem Saatgut nicht so leicht in Samen schießen.

Eine andere, verwandte Erscheinung ist das künstliche Anwelken der Saatkartoffeln. Kraus fand [3]) eine Zunahme der Stengelzahl, aber Verminderung der Wachsthumsenergie derselben. Die Zahl der Knollen bei Kartoffel- und Topinamburstöcken steigt gegenüber denjenigen Pflanzen, welche von gleich schwerem, frischem Saatgut stammen. Kleine, gewelkte Knollen erreichen in feuchten Jahren beinahe die Produktion des großen frischen Saatgutes. In trocknen Jahren ist aber das Anwelken nicht nützlich, da die Entwicklung der angewelkten Knollen durch den dazu kommenden Wassermangel zu sehr zu-

---

[1]) Wollny: Das Dörren der Samen. Aus Oesterreich. landwirthschaftl. Wochenbl. cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agrikultur-Chemie 1880, S. 36; s. auch Wilhelm in Oesterr. landw. Wochenbl. 1883, Nr. 43.

[2]) Der Naturforscher 1883 Nr. 16.

[3]) Kraus: Untersuchungen über die künstliche Beeinflussung des Wachsthums von Kartoffel- und Topinambourstöcken ꝛc. Forschungen a. d. Argikulturphysik 1880. Heft 3.

rückbleibt. Kleine Knollen zeigen sich dann noch ungünstiger, wie große. Kraus erklärt den Einfluß des Anwelkens durch eine im Wassermangel begründete Verlangsamung der Entwicklung der Gipfelaugen. Durch das Zurückhalten der Gipfeltriebe tritt aber eine Stärkung der Seitenaugen ein, die sich sonst bei dem Ueberwiegen der Ersteren gar nicht entwickeln. Dem sonst nicht stattfindenden Ansatz von Knollen an den gekräftigten Seitentrieben der Mutterknolle ist die Erhöhung des Ertrages zuzuschreiben.

Wollny's Versuche [1]) bestätigen die von Kraus erlangten Resultate und erweitern dieselben durch die Beobachtung, daß bei der Ernte aus angewelkten Knollen eine absolut größere, relativ zur ganzen gesteigerten Ernte aber kleinere Anzahl von großen Knollen sich zeigt.

Nützlich dürfte sich auch das Anwelken von Edelreisern bei der Veredlung erweisen. Man sieht, daß (abgesehen von der Oculation) frisch geschnittene Edelreiser nur selten gut anwachsen. Bei Versuchen fand ich, daß die Basalinternodien von den frischen Edelzweigen besser anwachsen und erkläre mir die Sache dadurch, daß dieselben von einer langsameren Entwicklung sind, als die mit kräftigen, leicht erregbaren Augen versehenen Spitzentheile der Zweige, welche leicht vertrocknen, bevor noch der Wildling eine Kittschicht gebildet, welche im Stande ist, eine Zuleitung des Wassers zu übernehmen. Es ist bei allen Veredlungen Hauptsache, das Edelreis so lange frisch aber ruhig zu erhalten, bis sich von Seite des thätigeren Wildlings eine Verbindungszone hergestellt hat.

In neuerer Zeit hat C. Kraus auch die Erfolge bei dem Dörren der Speisezwiebeln studirt und gefunden, daß durch diese Behandlung eine anfängliche Verzögerung, aber später eine vortheilhafte Steigerung des Blattwachsthums und gänzliche Unterdrückung des Blüthenschaftes erreicht wird.[2])

Rindentrocknis.

Von den Beschädigungen, welche bei Baumstämmen durch Wassermangel hervorgerufen, war schon früher insofern die Rede, als hervorgehoben wurde, daß die Senkung des Grundwasserspiegels ein Absterben von Aesten oder auch der ganzen Krone hervorzubringen vermag. Anfangs sehen wir, daß die mangelnde Wasseraufnahme von Seiten der Wurzel einen Mangel in der Ausbildung einzelner Parthieen der Krone veranlaßt. Einzelne Zweige werden kleinlaubig oder gelbblätterig mit sehr geringer Verlängerung ihres Gipfeltriebes; besser situirte Theile der Krone bleiben aber von normaler Kräftigkeit in der Ent-

---

[1]) Wollny: Ueber die künstliche Beeinflussung der innern Wachsthumsursachen. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik. Bd. VI., S. 97 ff.

[2]) C. Kraus: Ueber die künstliche Beeinflussung des Wachsthums der Küchenzwiebel durch „Ausdörren" der Saatzwiebeln. Aus Forsch. a. d. Geb. d. Agrikulturphysik Bd. IV. cit. Jahresber. f. Agriculturchemie 1880, S. 186.

wicklung. Die kräftigen Aeste erlangen immer mehr das Uebergewicht und schwächen die kränkelnden Theile bis zum Absterben. Je nach dem Standorte der Bäume erweisen sich verschiedene Theile der Baumkrone als günstiger situirt und damit widerstandsfähiger. Bei freistehenden Exemplaren ist der Gipfel der Hauptheerd, der Wasser an sich zieht; es tritt dann bei Wassermangel für die Wurzeln ein Abtrocknen mehr oder weniger starker Seitenäste ein. Wenn dagegen die Bäume in geschlossenem Bestande gewesen und die Krone durch die Nachbarn nur eine geringe Entwicklung erlangen konnte, ist die Gipfelparthie durch die Beschattung zu zart geblieben. Bei der Freistellung, welche die Verdunstung plötzlich außergewöhnlich steigert, trifft die dadurch hervorgebrachte Differenz zwischen Wasserabgabe und Zufuhr am meisten den zarten Wipfel, und wir sehen Wipfeldürre eintreten, welche oft von Bildung zahlreicher Wasserreiser begleitet ist.

In Wäldern mit flacher Bodenkrume auf steinigem Untergrunde wird daher die Bodendecke in jeder Beziehung geschont werden müssen, um die Krume vor tiefem Austrocknen zu schützen, und eine plötzliche, gänzliche Freistellung der zur ferneren Kultur dienenden Bäume wird hier besonders vermieden werden müssen.

Es ist übrigens, wie Nördlinger[1]) angiebt, durchaus nicht jeder Baum mit dürrem Wipfel und Wasserreisern für verloren zu betrachten; vielmehr zeigt die Erfahrung, daß bei erneuetem Schluß des Bestandes das todte Holz abgestoßen wird, der Trieb nach oben wiederkehrt, also sich eine Ersatzkrone bilden kann und die Wasserreiser verkommen.

Eine solche Differenz zwischen Verdunstung und Wasserzufuhr kann auch an einzelnen Stammseiten den Rindenkörper treffen und es ist, namentlich bei glattrindigen Bäumen, recht gut möglich, daß die Rinde stellenweise absterben kann. Hartig[2]) beobachtete bei 40jährigen Weymonthskiefern in Braunschweig, daß in mehreren Beständen etwa 17 % aller Bäume ein Vertrocknen der Rinde auf der Süd- und Westseite zeigten. Bei 1—2 m Höhe vom Boden hatte die Trockniß, welche nach Beendigung des 1876er Jahresringes eingetreten war, die größte Ausdehnung; der Sommer 1876 war sehr heiß und trocken, der Boden in den erkrankten Beständen war im Untergrund gelber Sand mit etwas Ortstein, an der Oberfläche Moorerde, also Material, das stark ausgetrocknet wurde. Hartig meint, daß in Folge der Trockenheit eine starke Luftverdünnung durch die große Verdunstung entstanden ist, welche der Abgabe von Wasser an die Rinde sehr im Wege stand. Nun wächst die Weymouthskiefer in ihrer Heimath auf Sumpfboden, auf welchem sie sich mit ihrer glatten, stark verdunstenden Rinde wohl gesund halten kann, aber nicht in dürren Sandböden.

---

[1]) Deutsche Forstbotanik 1874, I., S. 304.
[2]) Flora 1883, Nr. 14, S. 224.

Neuere Angaben von Nördlinger[1]) bringen auch die Entstehung von Rissen im Holze, die mit den Frostrissen große Aehnlichkeit haben, mit der Trockenheit in Zusammenhang. Schon Reum in seiner Pflanzenphysiologie behauptet, daß an Weymouthskiefern und virginischem Sumach Risse im Sommer bisweilen unter starkem Knall entstehen können. Nördlinger beobachtete bei 25—40 jährigen Fichtenstangenhölzern auf vortrefflichem Boden aber mit z. Th. undurchlassendem Untergrunde Längsrisse an den Stämmen (wie im Wipfel) die von der Basis bis 7 m Höhe sich erstreckten. Die Risse waren nur an den üppigen Exemplaren bemerkbar und nach den Berechnungen d. Verf. in den Jahren entstanden, in welchen Austrocknung des Holzes angenommen werden konnte. Wurzelfäulniß und Wurzeltrockniß, sowie Rothfäule werden die Entstehung der Trockenrisse begünstigen.

Experimentell versuchte ich, diesen Fall bei Pflanzensämlingen zu prüfen, die in nassem Sande im Vegetationshause erzogen und plötzlich der heißen Sonne ausgesetzt wurden. Hier vertrocknete das ganze hypocotyle Glied, und die Sämlinge verbleichten. Auch bei andern Aussaaten kann man unter ähnlichen Verhältnissen ein solches „Schwinden der Sämlinge“ wahrnehmen. Wir kommen auf diese und ähnliche Fälle noch einmal bei den durch Licht- und Wärmeüberschuß erzeugten Krankheitserscheinungen zurück, da ebenso gut die erhöhte Temperatur und Lichtmenge an sich zum Absterben beitragen können, wie die übermäßige Verdunstung, welche durch die genannten beiden Faktoren eingeleitet wird.

Mittel gegen den Wassermangel.

Bei den meisten der vorerwähnten Krankheitserscheinungen, die wir nach Wassermangel auftreten sehen, wird man annehmen müssen, daß hier nicht dasjenige Wasser fehlt, welches die Pflanze als Nährstoff braucht und zersetzt, sondern daß es sich um das Wasser handelt, welches man als Transportmittel für die übrigen Nährstoffe, als das unzersetzt die Pflanze durcheilende, mechanisch wirkende, die Turgescenzerscheinungen und Spannungsverhältnisse regelnde Lösungsmittel auffassen muß. In dieser Beziehung werden genauere Beobachtungen und spätere Experimente noch außerordentlich zahlreiche Störungen kennen lehren, und es ist deßhalb angezeigt, diejenigen Mittel in Erwägung zu ziehen, welche zur Verhütung oder Beseitigung des Wassermangels praktische Verwendung finden.

Das wirksamste Mittel bildet selbstverständlich die Berieselung, welche mit der Zufuhr von Wasser gleichzeitig einen größeren Schutz der Vegetation gegen Wärmestrahlung verbindet und die Auflösung, Zufuhr und Vertheilung der Bodennährstoffe veranlaßt. Bei der Wiesenkultur bildet die Berieselung

[1]) Nördlinger: Trockenrisse (falsche Frostrisse) an der Fichte. Auch ein Grund der Rothfäule. Centralbl. f. d. gesammte Forstwesen von Hempel 1878, S. 281.

eine Lebensfrage, und es ist interessant, die Ergebnisse der Untersuchungen von König[1]) über die Wirkung des Rieselwassers bei der Berieselung kennen zu lernen. Danach sieht man, daß das Wasser während des Berieselns einer Wiese sehr viel Nährstoffe verliert, und zwar während der wärmeren Jahreszeit erheblich mehr, als in der kalten. Die Abnahme betrifft jedoch nicht alle Nährstoffe und findet auch in wechselndem Maaße stets statt. Wenn sich der Kohlensäuregehalt des Rieselwassers steigert, nehmen auch fast immer Kalk und Magnesia zu, anstatt ab. Ihre Menge scheint, wie die der Kohlensäure, mit der Intensität der Oxydationsvorgänge im Boden zu steigen und zu fallen. Im Gegensatz zu den vorgenannten Nährstoffen scheint das Kali zu jeder Zeit vom Boden absorbirt zu werden, da auch im Winter bei der Berieselung sich eine geringe Abnahme dieses wichtigen Minerals im Wasser nachweisen ließ. Das Natrium, resp. Chlornatrium zeigten während der Winterrieselung, ebenso wie Salpeter- und Schwefelsäure, fast immer eine geringe Zunahme, während sie in der Vegetationszeit sich vermindern, also wahrscheinlich direkt von den Pflanzen aufgenommen werden.

Der Sauerstoffgehalt des Wassers, der, wie der Verf. schließt, durch Oxydation der organischen Bodensäuren auch bodenreinigend wirkt, ist je nach der Art des Berieselungswassers und je nach der Jahreszeit verschieden. König fand, daß dieser Gehalt im Frühjahr am höchsten, im Sommer am geringsten und im Herbste wieder zunehmend sich zeigt; Quellwasser ist sauerstoffreicher, als ein schon durch bewohnte Ortschaften gegangenes Flußwasser, und umgekehrt verhalten sich die suspendirten, organischen Stoffe, die von dem noch armen Quellwasser daher aus dem Boden aufgenommen, von dem reichlich gesättigten Flußwasser dagegen abgesetzt werden.

Temperaturbeobachtungen bei 40 cm Tiefe ergaben während der kälteren Jahreszeit eine Differenz in der Wärme bis 2,8° C. zu Gunsten des berieselten Landes, und dieser Temperaturerhöhung dürfte es zuzuschreiben sein, daß berieselte Wiesen eher ergrünen und später vergilben.

Wie schnellwirkend die Bodenabsorption ist, wenn der Boden nicht gesättigt und das Wasser zum Rieseln hochgradig beladen mit Dungstoffen ist, zeigt K. durch einen Versuch, bei welchem er künstlich Latrinenstoffe dem Rieselwasser beigemengt hatte. Nach einmaliger Benutzung des Wassers ließ sich nachweisen, daß der Boden 84,5 % der organischen Stoffe, 74,2 % des Ammoniaks, 81,6 % des Kalis und 86,8 % der Phosphorsäure bereits aufgenommen hatte. Nach der dritten Benutzung desselben Wassers konnten diese Stoffe im abfließenden Wasser überhaupt nicht mehr nachgewiesen werden. Natürlich sind diese Zahlen nur für den im Versuch gegebenen Fall gültig und ändern sich, je nach der Sättigung des Bodens und Wassers, haben also z. B. keine Gültigkeit für die

[1]) Journal für Landwirthschaft. Jahrg. 1880, Bd. 28, Heft 2.

Spüljauchenberieselung, bei welcher die Böden in verhältnißmäßig kurzer Zeit mit Nährstoffen überladen sein müssen. Dennoch zeigen die Versuche, welche vielseitigen Vortheile man bei richtiger Anwendung der Berieselung erreichen kann.

Indeß ist man doch nur in den seltensten Fällen im Stande, ohne bedeutende Kosten Berieselungsanlagen einzurichten, und es werden deßhalb billigere, wenn auch weniger durchgreifende Mittel häufiger zur Anwendung gelangen. Solche Hülfsmittel bietet die Bodenbearbeitung. Am empfehlenswerthesten dürfte die Bodenlockerung sein. Es fehlt nicht an Praktikern, welche behaupten, daß das Lockern der Ackerkrume doch unmöglich ein Mittel sein könne, die Feuchtigkeit dem Boden zu erhalten und daß diese Manipulation vielmehr als der kürzeste Weg angesehen werden müsse, dem Boden noch mehr Wasser zu entziehen. Diese Anschauung ist irrthümlich, wie viele Versuche darthun. Die eingehendsten sind diejenigen von Wollny[1]), der genau vergleichsweise vorgegangen ist und zu dem Resultate kommt, daß, wenn die obersten Bodenschichten gelockert werden, sie allerdings schneller abtrocknen, aber dadurch die unteren Bodenschichten mehr schonen.

Die Erwärmung der Ackererde durch Insolation, die Durchlüftung, wenn Winde über die Bodenfläche streichen, und dergl. Einflüsse entziehen den oberen Bodenlagen das Wasser in um so höherem Grade, als dieselben in der Lage sind, den Verlust durch capillare Zufuhr aus den tieferen Bodenschichten möglichst reichlich wieder zu decken. Wenn nun durch die Lockerung der Krume die Zwischenräume zwischen den Bodentheilchen bedeutend vergrößert werden, so wird die Haarröhrchenanziehung vermindert und das Wasser steigt in den größeren Zwischenräumen des nun bröckeligen Bodens nicht mehr in die Höhe.

Je schneller der Boden durch Behacken, Eggen und Schälen zu einer grobbröckeligen Krume gelangt, desto mehr wird ein Austrocknen der tieferen Schichten, in denen die Wurzeln sich befinden, verlangsamt.

Das entgegengesetzte Resultat wird durch das Festdrücken (Walzen) des Ackerlandes erzielt.[2]) Da hierbei die meisten nicht capillaren Hohlräume in capillare übergeführt werden, so wird die Hebung des Wassers von unten her beschleunigt und die Oberfläche länger feucht gehalten. Unter Umständen ist aber auch das Walzen als Mittel zur Erhaltung der Bodenfeuchtigkeit zu

[1]) Wollny: Einfluß der Bearbeitung und Düngung auf die Wasserverdunstung aus dem Boden. Oesterr. landw. Wochenbl. 1880, S. 151.

[2]) Wollny in Oesterr. landw. Wochenbl. 1880, S. 214.

Neßler, Bad. Landw. Correspondenzblatt 1860. S. 230.

Schleh: Ueber die Bedeutung des Wassers in den Pflanzen. Inauguraldissertation, Leipzig 1872.

P. Wagner: Versuche über das Austrocknen des Bodens bei verschiedenen Dichtigkeitsverhältnissen der Ackerkrume. Bericht der Versuchsstation Darmstadt 1874, S. 87 ff.

v. Klenze, landw. Jahrb. 1877.

empfehlen. Dies wird nämlich auf allen sehr lockeren Bodenarten von geringer Wassercapacität und großer Durchlässigkeit am Platze sein, da mit dem Festwerden die Verdunstung der Oberfläche herabgedrückt und die Zuleitung vermehrt wird. Bei bindigen Böden mit großer Wassercapacität wäre natürlich dies Walzen gradezu schädlich.

Man kann an Stelle der Bodenlockerung auch ein Ueberdecken der Krume mit einem lockeren Material anwenden. In dieser Beziehung kann selbst von dem Ueberfahren der Krume mit Sand vortheilhafter Gebrauch gemacht werden. Es werden nicht blos die Feuchtigkeits- sondern gleichzeitig die Wärmeverhältnisse günstig geändert; denn nach Wollny's Versuchen[1]) wird durch die Lockerung des Bodens die Temperatur desselben herabgedrückt, weil die Wärmeleitung der gelockerten Schicht wegen größerer Mengen eingeschlossener Luft vermindert wird. Außerdem ist der mit einer Sanddecke versehene Boden innerhalb der wärmeren Jahreszeit darum kälter, als der unbedeckte, weil die helle Farbe der Oberfläche die Absorption der Wärmestrahlen vermindert und die zurückgehaltene, größere Wassermenge unter dem Sande schwerer erwärmbar ist. Würde der Boden selbst an seiner Oberfläche abtrocknen, so würde seine Temperatur erhöht werden, weil die Wärme consumirende Verdunstung alsbald vermindert würde.

Die Bodenlockerung und Bedeckung mildert also die Temperaturextreme; aber sie ist auch noch in anderer Weise nützlich. Es zeigt sich nämlich nach Wollny (a. a. O. S. 337), daß von derselben Niederschlagsmenge durch den mit einer Sanddecke versehenen Boden während der wärmeren Jahreszeit bedeutend mehr Wasser durchsickert als durch den unbedeckten. Es kommt dies daher, daß der mit einer (selbst nur 1 cm dicken) Sandschicht bedeckte Boden wasserreicher bleibt, also schneller gesättigt ist und daher mehr in tiefere Lagen des Untergrundes abfließen läßt.

Dasselbe Resultat zeigt jede andere Bedeckung mit leblosen Gegenständen, also mit Stall-Dünger, Stroh, Lohe, selbst mit Steinen; weniger noch aber als der nackte Acker läßt der mit einer vegetirenden Pflanzendecke versehene Boden durch.

Wenn man die möglichst rationelle Verwerthung des Düngers anstrebt, wird man nicht immer sich des Düngers zum Bedecken des Bodens gleichzeitig bedienen können, also denselben oben aufliegen lassen. Dies geht nur auf solchen Bodenarten von mittlerer wasserhaltender Kraft und mäßiger Durchlässigkeit und namentlich großem Absorptionsvermögen. Auf bindigen oder auch auf sehr grobkörnigen Bodenarten wird zur Zeit reichlicher atmosphärischer Niederschläge, namentlich während des Winters, eine Düngerdecke mehr schädlich.

---

[1]) Einfluß der Abtrocknung des Bodens auf dessen Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse. Forschungen a. d. Geb. d. Argrikulturphysik 1880, S. 343.

Von praktischer Seite liegen auch Angaben vor, welche den Nutzen der Torferde auf Sandböden hervorheben. So benutzte Walz[1]) die obere, 6—8 cm hohe, als Brenntorf nicht verwerthbare Schicht eines Torflagers, um ein Ackerfeld aus geringem Sandboden im Februar 2 cm hoch damit zu überdecken. Später erhielten diese getorfte und eine daranstoßende, nicht getorfte Fläche reichliche Stalldüngung. Bei der im Sommer eintretenden Hitze und Trockenheit zeigte der im Mai gepflanzte Mais auf dem getorften Felde einen bessern Stand und lieferte einen höheren Ertrag; ebenso zeigten spätere Ernten sich auf dem getorften Stücke ausgiebiger.

Die Wirkung des Torfes, welche in präciseren Ernteergebnissen auch durch Nerlinger[2]) nachgewiesen, beruht in seiner Fähigkeit, die Dungstoffe aufzufangen und festzuhalten, die sonst im Sandboden fortgespült würden. Da aber Düngung, wie ich experimentell festgestellt,[3]) die Pflanzen befähigt, mit weniger Wasser bessere Ernten zu bringen, so erklärt sich hiermit auch das günstigere Verhalten bei Trockenheit.

Es ist oben schon gesagt worden, daß der mit lebenden Pflanzen bestandene Boden am wenigsten Wasser durchsickern läßt. Die Sache ist ganz erklärlich, da die Pflanzenwurzeln das Wasser aufsaugen. Vergleichende Untersuchungen[4]) ergaben, daß der Boden absolut um so mehr an Wasser erschöpft wird, je dichter die Pflanzen stehen, wenn auch die Wassererschöpfung nicht proportional der Dichte des Pflanzenstandes zunimmt.

Nach diesen Resultaten kann man ermessen, welche Differenz im Wassergehalt zwischen einem nackten, gelockerten und einem mit dichten Rasen bestandenen Boden sich bei heißer, anhaltend trockner Witterung herausbilden muß. Es ist also in den Baumschulen auf lockerem Boden durchaus nicht gleichgültig, ob oft gehackt oder Rasen und Unkraut bis zur Bildung einer zusammenhängenden Decke belassen werden. Daß lediglich durch die Aussaugung des geringen Wasservorraths durch Unkräuter und die Rasennarbe bei Obstbäumen Nothreife und Unfruchtbarkeit erzeugt werden, ist nicht nur theoretische Schlußfolgerung, sondern mehrfach gemachte Erfahrung.

Bei forstlichen Kulturen zeigen sich, wie bei den Baumsaaten der Gärtner, diejenigen Ländereien am gefährdetsten, auf welchen die Pflanzen den Bestand noch nicht geschlossen haben. Kiesböden ohne genügenden Humusgehalt sind auch für ältere Bestände bis zu 10—15jährigem Alter gefährlich, namentlich

[1]) Zeitschrift d. landw. Ver. in Bayern 1882, cit. in Biedermann's Centralblatt 1883, S. 136.

[2]) Fühling's landw. Z. 1878, Heft 8.

[3]) Sorauer: Nachtrag zu d. Studien über Verdunstung. Forsch. auf. d. Geb. d. Agrikulturphysik, Bd. VI, Heft 1/2.

[4]) Wollny: Der Einfluß der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin, Parey 1877, S. 128.

wenn nach keiner Seite hin Schutz durch größere Anpflanzungen zu finden ist. Berasten Boden sieht der Forstmann als Beförderungsmittel der Dürre an, da derselbe die Niederschläge festhält und durch seine starke Verdunstung das aus dem Untergrunde aufsteigende Wasser schnell dem Boden entführt. Bei Waldbäumen beobachtet man bisweilen fast kreisförmige Stellen um die Stammbasis, auf denen kein Nachwuchs sich erhält. Es wird dieser Umstand der Reflexion von Sonnenstrahlen an den glattrindigen, astreinen Stämmen (Buchen, Birken, Tannen) zugeschrieben. Die von solcher Spiegelrinde abprallenden Sonnenstrahlen dörren den Boden in erhöhtem Maaße aus. Unter den Vorbeugungsmaßregeln empfiehlt sich die Anzucht der Pflanzen durch natürliche Besamung, da die an Ort und Stelle entstandenen Pflanzen am besten sich den trocknen Lokalitäten anpassen werden. Da, wo gepflanzt werden muß, benutze man Material, das schon einmal in der Schule verpflanzt worden ist, und bedecke nachher möglichst sorgfältig den Boden. Außerdem kommen alle die Einrichtungen in Betracht, die zur Hebung des Wassermangels im Allgemeinen empfehlenswerth sind, wie bei Saatbeeten ein Schutz durch Mauer, Zaun oder Baumreihen, Bestecken mit Reisern, Anhäufeln der Pflanzen und überhaupt Bodenlockerung und namentlich auch Düngung, da diese eine Wasserersparniß bedeutet. Das Begießen ist nur im alleräußersten Nothfalle anzurathen. Bei dem Bestecken der Beete mit Reisig vom Rande aus ist Nadelholz, und unter diesem das Gezweig unserer Kiefer oder auch der Weymouthskiefer, am meisten zu empfehlen; denn Fichtenreisig läßt die Nadeln zu schnell fallen, und diese erwärmen sich sehr bedeutend. Tanne wird leicht zu dicht, und Laubholzzweige haben zu schnell welke und verdorrte Blätter, unter denen der Boden ebenfalls zu wenig seine Feuchtigkeit erhält.

Daß ferner auch an sich ein Ausbrennen der Saaten und des Rasens bei dichtem Bestande sich einstellen kann, während dieselbe Parzelle bei lockerem Saatstande unversehrt bleibt, ist durch Wollny's Versuche sehr nahe gelegt, denn derselbe fand, daß bei Drillsaat dem Boden zwischen den Reihen geringere Mengen von Wasser entzogen werden, als dem in der Reihe selbst, und daß der Boden um so größere Mengen von Wasser enthält, sowohl zwischen als in den Pflanzreihen, je weiter diese von einander entfernt sind.[1]) Es wird also auch eine richtige Bemessung des Aussaatquantums auf wasserarmen Böden ein Mittel zur Verhütung von Beschädigungen durch Trockenheit sein.

Nur in ganz bestimmten Fällen kann sich der bestandene Boden nützlicher erweisen, als der nackte. Bei dem lockeren Anbau schnelllebiger Pflanzen als Ueberfrucht kann auf Sandböden Wasser für spätere Samen zurückgehalten werden. Wenn nämlich die Aussaat der schnelllebigen Gewächse im Herbst oder ersten Frühjahr erfolgt, dann fällt die Zeit des größten Wasserbedarfes dieser

[1]) Oesterreich. landw. Wochenbl. 1880, S. 233.

Pflanzen in die Herbst- oder Frühjahrsfeuchtigkeit, und wenn die trockne Jahreszeit eintritt, neigen dieselben zum Fruchtansatz und beanspruchen relativ wenig Wasser, erhalten aber den oberflächlichsten Bodenlagen durch ihre Beschattung und Thaubildung eine ziemlich gleichmäßige Feuchtigkeit, in welcher spät gesäete Samen und zarte Pflänzchen sich entwickeln können, während diese auf nacktem Boden vertrocknen würden.

Freilich darf nicht vergessen werden, daß jede Decke die Durchlüftungsfähigkeit des Bodens hemmt, und daß also dort, wo es zur Erhaltung der Fruchtbarkeit darauf ankäme, die Kohlensäure im Boden zur Zersetzung und Löslichmachung der Gesteinsfragmente benutzen zu müssen, man in der Auswahl der Bodenbedeckung vorsichtig sein muß. Wie sehr die Bodendecke die Luftcirculation stört, geht aus Ammon's[1]) Versuchen hervor. Bei 40 mm Wasserdruck gingen durch eine Erdschicht von 19,6 □cm Querschnitt und 0,50 m Höhe innerhalb einer Stunde hindurch folgende Luftmengen:

bei Grasdecke	bei Strohdecke	Unbedeckt
1,60	6,30	7,32 Liter.

Im besser durchlüfteten Boden wird auch mehr Kohlensäure erzeugt und diese wird trotz der größeren Abgabe an die Luft auch in erhöhtem Maße im Boden zur Geltung kommen. Die Wirkung der Brache besteht grade in der größeren Kohlensäureerzeugung und stärkeren Zersetzung der Gesteinstrümmer.

Ein anderer Nachtheil der Bodenbedeckung ist die geringere Verwendbarkeit der meteorischen Niederschläge für den bedeckten Boden. Je nach der Art der Decke wird dieser Nachtheil verschieden groß sein; er wird um so mehr wachsen, je mehr sich die Substanz der Decke, wie ein Schwamm vollzusaugen im Stande ist. Als Beispiel für diese Verschiedenartigkeit mögen die Angaben von Riegler[2]) dienen, der Waldstreu und Torfmoos (Sphagnum) auf ihre Durchlässigkeit geprüft hat. Von den in feinem Strahl auf lufttrockne Spreu täglich aufgebrachten 500 g Wasser wurde aufgesogen und sickerten durch

	Buchenstreu		Tannenstreu		Sphagnumrasen	
am 1. Tage	durchgesickert	aufges.	durchges.	aufges.	durchgesickert	aufgesogen
	400,3 g	99,7	441,3	58,7	216,0	284,0
am 8. Tage	487,6 g	12,4	499,6	0,4	493,5	6,5

Die Bespritzung entsprach einem Regen von 10 mm Höhe und demnach wurden in der Buchenstreu etwa 20 %, in der Tannenstreu etwa 12 % und im Moosrasen 57 % des aufgefallenen Wassers zurückgehalten. Die Streudecke war überall 8 cm hoch. Aus den übrigen Tabellen ergiebt sich, daß in den nächsten 3—4 Tagen noch größere Mengen täglich von der Streu aufgesogen wurden, die erst allmählich bis zum 9. Tage soweit mit Feuchtigkeit gesättigt war, daß fast alles auffallende Wasser abfloß. Ein nach heißer,

---

1) Biedermann's Centralbl. 1880, S. 405.

2) Forschungen auf d. Geb. d. Agrikulturphysik 1880, S. 80—96.

längere Zeit ohne Regen verlaufender, Witterung sich einstellender Regen von 10 mm Höhe käme dem Boden unter Buchenstreu nur in Höhe von 8 mm, bei der Tannenstreu von 8,8 mm und unter der Moosstreu nur in Höhe von 4,3 mm zur Verfügung. Uebrigens ändern sich die Verhältnisse je nach der Kraft, mit der das Wasser auf die Streu aufschlägt. Wenn das Wasser fein verstäubt auf das Moospolster gegeben wurde, sog Letzteres 70 % der gegebenen Feuchtigkeit auf, während dieselbe Wassermenge, in Form eines feinen Strahls zugeführt, zum größten Theil durchfloß und nur zu 14 % zurückgehalten wurde.

Als Mittel zur Schonung der Bodenfeuchtigkeit im Ackerlande muß auch die Nähe von größeren Baumcomplexen, namentlich Wäldern, angesehen werden. Nach den von Matthieu[1]) 9—11 Jahre lang durchgeführten Beobachtungen ist die Luft im Walde in 1,5 m Höhe durchschnittlich kälter als über dem freien Felde, und zwar ist die Differenz im Sommer am stärksten. Einen ebenso deprimirenden Einfluß, wie der Wald auf die mittlere Lufttemperatur ausübt, besitzt er auch für die Temperaturextreme, die im Walde geringer sind. Wenn auch die Temperaturdifferenzen vielleicht nur 0,5 ° C. betragen, so werden sie immerhin sich geltend machen, wenn eine Regenwolke über die Gegend hinzieht; es muß über dem Walde der Sättigungspunkt der Luft eher erreicht werden und somit der Regen früher anfangen, also reichlicher sein, als auf dem unbestandenen Lande. Thatsächlich ergeben die Messungen Matthieu's und Fautrat's[2]) eine größere Regenmenge über dem Walde. Hygrometrische Bestimmungen stellten fest, daß die Wasserdampfgewichte in 1 cbm Luft durchschnittlich oberhalb eines Fichtenwaldes 8,66 g betrugen, während sie über einem Laubwalde 8,46 g, über unbedeckten Boden in derselben Höhe (104—122 m hoch) bei 100 m horizontaler Entfernung vom Nadelwalde 7,39 g, in demselben Horizontalabstande vom Laubwalde 8,04 g betrugen. So wie in vertikaler Richtung die Waldnähe die Luft feuchter erhält, so dürfte auch in horizontaler Entfernung ein derartiger Einfluß existiren.

Weniger zur Erhaltung oder Erhöhung des Wasservorrathes im Boden, als vielmehr zur Ansammlung des übrigen Nährstoffmaterials ist die „Brache" in Betracht zu ziehen. Nach Wollny's[3]) Angaben lassen sich die Eigenthümlichkeiten der Brache dahin zusammenfassen, daß der brachliegende Boden im Sommer wärmer, im Winter kälter, die Temperaturschwankungen überhaupt im Brachlande größer, als in dem mit Pflanzen bestandenen Boden sind. Während der Vegetationszeit ist der mit einer Pflanzendecke überzogene Boden stets von

---

[1]) Matthieu: Météorologie comparée agricole et forestière. Paris 1878, cit. in Forschungen auf d. Geb. d. Agrikulturphysik 1879, S. 422—429.

[2]) Fautrat: Ueber den Einfluß der Wälder auf den sie berührenden Regenfall und die Anziehung der Wasserdämpfe durch die Fichten. Aus Compt. rend. 1879, Bd. 89, Nr. 24, cit. Biederm. Centralbl. f. Agrik. Chemie 1880, S. 241.

[3]) Wollny: Die Wirkung der Brache. Allgem. Hopfenztg. 1879, Nr. 55/56.

geringerem Wassergehalt, als im nackten Zustande. Dieser größere Feuchtigkeitsgehalt erhält sich im kahlen Boden auch bei öfterer Bearbeitung noch. Letzterer profitirt auch von den atmosphärischen Niederschlägen mehr, indem während der Vegetationszeit durch den brachliegenden Boden bedeutend größere Wassermengen absickern, als aus dem mit einer vegetirenden Pflanzendecke versehenen Felde. Der für das Nährstoffkapital des Bodens am meisten in Betracht kommende Punkt ist aber der Kohlensäuregehalt des Brachlandes, dessen Luft nach Wollny's Untersuchungen ungefähr viermal so viel Kohlensäure, als die des Graslandes enthielt. Also das Lösungsmittel für die mineralischen Bodenbestandtheile ist um so vieles reichlicher vorhanden, woraus sich theilweis schon die größere Ansammlung von Pflanzennährstoffen im Brachboden erklärt; theilweis hängt die größere Bereicherung auch von der schnelleren Zersetzung der organischen Substanzen durch die stärkeren Temperaturschwankungen und die größere Feuchtigkeit ab. Es ist jedoch schließich darauf hinzuweisen, daß Böden mit geringer wasserfassender Kraft und in großer Mächtigkeit (Sandböden) bei ihrer großen Durchlässigkeit einen bedeutenden Theil der Pflanzennährstoffe in den Untergrund nutzlos hinabwaschen lassen können. Solche Böden müssen also grade umgekehrt unter Pflanzendecke gehalten werden.

Welches von diesen Mitteln gegen den Wassermangel zur Anwendung gelangen kann, müssen die lokalen Verhältnisse lehren. Jedenfalls ist ersichtlich, daß wir der Trockenheit nicht machtlos gegenüber stehen.

Kalkmangel.

Viel seltener als diejenigen Störungen, welche durch das Fehlen des Transportmittels, des Wassers, hervorgerufen werden, sind die Beschädigungen durch Mangel eines Nährstoffes. Unter diesen ist der Kalk derjenige, den wir als kohlensaures und oxalsaures Salz zunächst als Festigungsmaterial für die Zellwände in denselben reichlich vertreten sehen; wir finden den Kalk aber ganz besonders deutlich in großen Krystallen und zwar meist in der Form des oxalsauren Kalkes in oft bestimmt gelagerten Zellen niedergeschlagen, und man darf annehmen, daß er durch diesen Niederschlag seine letzte Arbeit im Pflanzenkörper thut. Er bindet nämlich die giftige Oxalsäure, welche als Oxydationsprodukt von Kohlehydraten bei deren Lösung und Verbrennung entstehen dürfte und die allerdings im Ueberschuß geringe Mengen von Kalksalzen wieder lösen kann.[1]) Nur selten löst sich der oxalsaure Kalk wieder auf, wie z. B. in jungen Kartoffelknollen[2]); meist bleibt er bis zur Verwesung des Pflanzenleibes,

[1]) Würtz: Dictionaire de chimie II, S. 647, cit. von de Vries in landw. Jahrb. 1880, S. 81.

[2]) Sorauer: Beiträge zur Keimungsgeschichte der Kartoffelknolle. Berlin, Wiegandt & Hempel 1868, S. 27.

de Vries: Ueber die Bedeutung der Kalkablagerungen in den Pflanzen. Landw. Jahrb. von Thiel 1881, S. 80.

bei welchem Vorgange aus den stickstoffhaltigen Substanzen sich phosphorsaurer Kalk und wahrscheinlich auch phosphorsaure Magnesia in scharf krystallinischen Formen abscheiden.

Da der Kalk in den Membranen auch in der Jugend schon anzutreffen ist, so ist die Vermuthung zunächst liegend, daß er für den normalen Aufbau der Zellmembran überhaupt nöthig, und daß Kalkmangel auch zum Theil darum das Pflanzenwachsthum inhibirt[1]), wie die Versuche thatsächlich zeigen, weil das Baumaterial für die Zellwand nicht vollständig mehr vorhanden ist. Dabei scheint, wie gesagt, dem Organismus in der Mehrzahl der Fälle die Fähigkeit abzugehen, den schon anderweitig in alten Geweben niedergelegten Kalk in genügender Menge wieder aufzulösen und dorthin zu transportiren, wo er bei der Kalknoth augenblicklich für die Neubildungen wieder wirksam sein könnte. Wenigstens lehren die Versuche von Böhm[2]), Raumer und Kellermann[3]), daß aus den Reservestoffbehältern kein oder nur wenig Kalk nach den jugendlichen Geweben auswandert, wenn Pflanzen in destillirtem Wasser oder kalkfreien Lösungen und Quarzsand gezogen werden. Bei Kalkmangel kann dann auch das sonst reichlich gespeicherte Reservematerial an Stärke nicht mehr zum Aufbau von Zellwand verwerthet werden. Zur Bildung der Stärke selbst ist, wie Böhm an stärkefreien Primordialblättern mit schon schrumpfenden Stielen gezeigt hat, kein Kalk nöthig, da diese sich ohne Kalkzufuhr wieder mit Stärke unter sonst günstigen Verhältnissen füllten. Aber bei der Lösung und dem Transport des Reservestoffes muß eine Kalkverbindung schon nothwendig werden, da die Untersuchung der in kalklosen Medien gezogenen Pflanzen ergiebt, daß die Organe (Blätter, Cotyledonen) sich nicht gänzlich entstärken, sondern größere Mengen im Blattkörper selbst oder in den nächstliegenden Internodien zurückhalten und der junge Pflanzentheil, ungeachtet seines Zuckergehalts, verhungert. Auch meine eigenen Versuche[4]) führten zu dem Ergebniß, daß die Pflanze selbst zu der Zeit, in der sie vorzugsweise das Reservematerial zu Cellulose und dgl. verarbeitet, neue, aus der Bodenlösung stammende Mineralstoffe braucht. Je nach dem Standort der einzelnen Exemplare ist der Verbrauch bei derselben Varietät verschieden; in trockner Luft wachsende Individuen haben mehr Asche in ihrer Trockensubstanz, als die in feuchter Luft gewachsenen, und diese Asche der jungen

---

[1]) Daß die Rolle des Kalkes für die Pflanze nicht darin bestehen kann, die Schwefel- und Phosphorsäure einzuführen, geht aus dem guten Gedeihen der Pflanzen bei denjenigen Wasserkulturen hervor, die die beiden Nährstoffe, als schwefelsaure Magnesia und phosphorsaures Kali, den Kalk aber als salpetersauren Kalk erhalten.

[2]) Böhm: Ueber den vegetabilischen Nährwerth der Kalksalze. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., Bd. 71, 1875, p. 287 ff.

[3]) v. Raumer und Kellermann: Ueber die Funktion des Kalks im Leben d. Pflanze. Landw. Versuchsstationen XXV 1880, Heft 1 u. 2.

[4]) Sorauer: Studien über Verdunstung. Forsch. auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik 1880, S. 429.

Pflänzchen wird nur zum geringeren Theile aus den Cotyledonen geschöpft. Ja, man konnte gleichzeitig (bei Erbsen) ersehen, daß der Lösungsprozeß in den Cotyledonen nicht vor sich geht, ohne daß nicht noch eine geringe Menge Mineralsubstanzen in dieselben eingewandert wäre. Die absolute Menge der mit der organischen Substanz aus den Cotyledonen auswandernden Aschenbestandtheile übersteigt sehr bedeutend die Einwanderung, aber relativ ist das auswandernde, organische Material ascheärmer, als es bisher in den Cotyledonen (nach dem Durchschnitt der ganzen Substanz berechnet) gewesen sein muß; der Rest der ausgezehrten Keimblätter wird daher prozentisch immer aschenreicher. Die neuesten Untersuchungen von Dehérain und Breal[1]) bestätigen zwar die Ergebnisse der früheren Forscher über die Nothwendigkeit des Kalkes bei der Keimung, erweitern sogar die Kenntniß durch den Nachweis, daß ulminsaurer Kalk am vortheilhaftesten (viel besser als salpetersaurer Kalk) wirkt, aber ergeben auch, daß eine höhere Temperatur bei der Keimung den Mangel an Kalksalzen in der Bodenlösung ersetzen könne. Die Verf. erzogen vollständig normale Keimpflanzen von Weizen, Hafer und Feuerbohne bei 30—35 ° C. in destillirtem Wasser und kommen zu dem Schlusse, daß der Kalk sich nicht an der Zusammensetzung der Gewebe der jungen Keimpflanze betheiligt. Der Schluß scheint mir nicht nothwendig. Da die Verf. gefunden haben, daß auch bei hohen Temperaturen die kalklos gezogenen Feuerbohnen an ihren epicotylen Theilen bisweilen zu Grunde gehen, so liegt die Annahme viel näher, daß der Kalk doch nothwendig zum Aufbau, daß er bei gewöhnlicher Temperatur von außen neu zugeführt werden muß, daß er bei erhöhter Wärme dagegen in erhöhtem Maße in den Reservestoffbehältern löslich wird, (vielleicht durch vermehrte Bildung freier Oxalsäure, die den oxalsauren Kalk theilweis löst). Bisweilen mag dann die bei größerer Wärme löslich gewordene Kalkmenge hinreichen zur normalen Entwicklung des Keimpflänzchens. Daß gelöster Kalk vorhanden, hat van der Ploeg[2]) nachgewiesen; derselbe fand bei Esparsette und Pferdebohnen denselben, sogar in einem großen Prozentsatze in den Blättern. Wichtiger aber ist noch der Nachweis, daß manche Pflanzen (Rübe, Rhabarber) in den Blättern soviel Oxalsäure enthalten, daß der gefundene Kalkgehalt bisweilen gar nicht ausreicht, um diese Säure zu binden.

Magnesiamangel.

Bei Getreidepflanzen, welche in Nährlösungen ohne Zusatz der Magnesia gezogen wurden, ergab sich mehrfach eine größere Langlebigkeit, als bei den ohne Kalk gezüchteten Kulturen und daraus möchte ich schließen, daß die Pflanze im Stande ist, ihre in den Reservestoffbehältern vorhandenen Magnesiaver-

---

[1]) Annales agronomiques, Bd. 9, 1883, Nr. 52, cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agrikulturchemie 1883, S. 618, Heft 9.

[2]) Der Naturforscher 1880, Nr. 2, S. 17.

bindungen leichter zu remobilisiren und den jungen Organen zuzuführen. Schließlich gehen selbstverständlich auch die Magnesiamangelpflanzen zu Grunde, nachdem sie ein hellgrünes, schlaffes aber nicht welkes Aussehen vorher längere Zeit gezeigt haben. Die größte Bedeutung dürfte eine ungenügende Magnesiamenge bei der Samenbildung erlangen; denn die Untersuchungen weisen auf eine Zusammengehörigkeit der Magnesia, Phosphorsäure und der Proteïnstoffe hin, ja nach Pfeffer werden die in den Proteïnkörnern eingeschlossenen Globoide gradezu als Kalk- und Magnesiaverbindung mit einer gepaarten Phosphorsäure angesehen, deren organischer Paarling noch unbekannt ist. Einzelne Forscher behaupten, daß Magnesia durch Kalk in der Pflanze [1]) ersetzt werden könne.

Kalimangel.

Eine der ersten, umfangreichen Arbeiten über den Einfluß des Kali's auf die Entwicklung der Pflanze ist von Nobbe[2]) unternommen worden. Die mit Roggen und Buchweizen ausgeführten Versuche thun dar, daß es nicht gleichgültig ist, in welcher Form das Kalium den Pflanzen geboten wird, und daß für die erwähnten Pflanzen Chlorkalium als die vortheilhafteste Form sich herausgestellt hat; minder gut wirkte salpetersaures Kali, noch schlechter die andern Verbindungen. Der Versuch, das Kalium durch Natrium oder Lithium zu ersetzen, gelang in keiner Weise. Die Vortheilhaftigkeit des Chlorkaliums ist später mehrfach bestätigt worden, so z. B. von Brasch und Rabe,[3]) welche außerdem das saure phosphorsaure Kali als die nächstgünstigste Verbindung feststellten. Auch Ad. Mayer hebt die besonders vortheilhafte Wirkung des Chlorkaliums hervor, sah aber eine solche bedeutend abgeschwächt, sobald gleichzeitig Bicalciumphosphat gegeben wurde.[4]) Bei Zuckerrüben wirkten sowohl Chlorkalium als Kalk in alleiniger Anwendung sehr gut, aber nicht bei gleichzeitiger Anwendung.

Ohne Kali ist überhaupt eine Produktion nicht möglich. Bei einer unpassenden Form der Kaliverbindung (hier auffallender Weise als schwefelsaures und phosphorsaures Salz) ist von Nobbe eine, von Brasch und Rabe bei ähnlichen Kulturen allerdings nicht wiedergefundene Krankheitserscheinung beobachtet worden, welche in einer passiven Anhäufung von Stärke in den verkrümmten, fast fleischigen Blättern bestand. Die Stärke konnte offenbar nicht weiter geleitet werden und die Blüthenbildung bei den Buchweizenpflanzen unter-

---

[1]) Knop und Dworzak: Chemisch-physiologische Untersuchungen über die Ernährung der Pflanzen, cit. Bot. Jahresbericht 1876, S. 888.

[2]) Nobbe, Schröder und Erdmann: Ueber die organische Leistung des Kaliums in der Pflanze. Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. XIII, S. 321 ff.

[3]) Brasch und Rabe: Wasserkulturversuche mit Buchweizen, cit. Bot. Jahresb. IV, 1876, S. 889.

[4]) Jahresber. d. Agrikulturchemie 1880, S. 269.

blieb. Diese Beobachtung, in Zusammenhang mit der Erscheinung, daß reichlich Stärke produzirende Kulturpflanzen auch reichlich Kali bedürfen, hat die Meinung erzeugt, daß Kali mit der Produktion von Stärke in direktem Zusammenhang zu bringen sei. Dieser Schluß ist jedoch aus den Nobbe'schen Versuchen nicht zu ziehen; denn erstens hat er in seinen früheren Arbeiten über den Einfluß des Chlors[1]) dieselben Krankheitserscheinungen beobachtet und zweitens haben auch in der günstigsten Kalireihe (Chlorkalium) bei einer im August gemachten, zweiten Aussaat die Pflanzen die „Stärkeschoppung" gezeigt; endlich hat Nobbe selbst durch Experiment an normalen Pflanzen einfach durch Entfernung der Blüthenknospen die Erscheinung hervorrufen können.

Es mag auch noch auf eine Untersuchung von Isidore-Pierre[2]) hingewiesen werden, aus der sich ergiebt, daß die leeren Weizenähren ein fortwährend steigendes Verhältniß des Kali zur Trockensubstanz bis zur Reife hin zeigen. Da die Stärke produzirenden Körner dabei nicht zur Ausbildung gekommen, so kann die Stärke also kaum einen nothwendigen, direkten Zusammenhang mit dem Kali haben, weder bei ihrer Bildung, noch bei ihrer Lösung, wenn auch bei Kalizusatz die Stärkekörner zu löslicher Gallert aufquellen und Tollens[3]) wahrscheinlich gemacht hat, daß sogar eine chemische Verbindung der Stärke mit Alkali existirt.

Es ist mithin, meiner Meinung nach, der Schluß viel näher gelegt, daß die Stärkeanhäufung eine bei Mangelpflanzen überhaupt nicht seltene, secundäre Erscheinung ist, deren primäre Veranlassung im Mangel an gesunder Plasmabildung zu suchen ist, wodurch die Neubildung und erste Ausbildung der jungen Gewebe sistirt wird. Zu diesen Neubildungsheerden ist sicherlich die Zufuhr von den leicht diffusibeln Kalisalzen nothwendig; ebenso nothwendig ist die Zufuhr gelösten Reservematerials aus der Kohlehydratreihe zur Regenerirung der Eiweißstoffe. Wenn aber die Plasmabildung an den Vegetationsheerden aus irgend einem Grunde gestört wird, fällt auch das Bedürfniß zur Zuleitung gelöster Kohlenhydrate, und diese bleiben in Reserveform in den Erzeugungsheerden, den Blättern. Die einseitige Steigerung des Stärkeproduktionsprozesses bringt dann allerlei Anschwellungen, die sich bis zum Fleischigwerden des Blattes steigern können, hervor.

Ganz ähnliche, nur auf kleine Blattstellen begrenzte Vorgänge, finden wir bei Blattaffectionen durch Schmarotzerpilze. Erinnert sei beispielsweise an die Gattungen Roestelia, Chrysomyxa, Polystigma, bei denen man das Gewebe, das vom Mycel durchzogen ist, fleischig und angefüllt mit Stärke findet.

---

[1]) Nobbe: Ueber die physiologische Funktion des Chlors. Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. VII, S. 371.

[2]) Annales agronomiques 1876, Bd. II, cit. Bot. Jahresbericht 1876 (IV), S. 893.

[3]) Verbindungen von Stärke mit Alkali. Aus „Nachrichten v. d. Kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, cit. Biedermann's Centralbl. 1874, S. 279.

Es spricht ferner für die hier entwickelte Ansicht die erhöhte Triebthätigkeit und der relative Mangel an Reservezucker und Stärke bei den mit Kalidüngung überreich bedachten Pflanzen.

Es steht somit betreffs des Kali's eine Hypothese der andern gegenüber, und es sind daher auch die Krankheitserscheinungen, welche auf Kalimangel zurückgeführt werden, meist hypothetischer Natur oder nur dadurch gestützt, daß mehrfach eine Zufuhr von Kalisalz geholfen hat.

Eine Erscheinung, bei welcher die Analyse der kranken Theile einen geringeren Kaligehalt nachgewiesen, wird von Mach und Kürmann als Gelbsucht (Icterus) der Reben[1]) bezeichnet. Der kühle, nasse Sommer 1876 brachte in den Weinbergen Südtirols vielfach das Gelbwerden der Weinblätter hervor. Von dicht neben einander stehenden Stöcken ergab die Analyse einen Wassergehalt der gelben Blätter von 77,97 % und der grünen von 73,17 %. An organischer Substanz und in dieser an Stickstoff besaßen die grünen Blätter einen größeren Prozentsatz der Trockensubstanz, an Asche dagegen einen bedeutend geringeren. In der Asche der gelben Blätter zeigten sich sechsmal soviel in Salzsäure unlösliche Mineralbestandtheile, als in jener der grünen; dagegen war der Kaligehalt in den ersteren geringer. Kieselsäure war in 100 Theilen der Blättertrockensubstanz zu 23,4 in den gelben, zu 1,65 nur in den grünen Blättern vorhanden.

Das Begießen mit Stalljauche wirkte entschieden günstig.

Die Gelbsucht trat nur an den Stellen auf, wo der Boden mit Wasser übersättigt war und namentlich in alten, lange Zeit nicht gedüngten Rebpflanzungen, sowie auf Kalkböden, die bekanntlich meist arm an Kali sind.

Ein früher beobachteter, ganz ähnlicher Fall wird von E. Schulze[2]) angegeben. Die Blätter wurden im Laufe des Sommers gelb und dann braun. Bei geringerer Erkrankung blieben die Trauben klein, die Beeren schrumpften und fielen von den Stielen ab. Bei hochgradiger Gelbsucht ging das Rebholz und schließlich der ganze Stock zu Grunde. Die Bodenzusammensetzung war darum nicht als die Ursache anzusehen, weil die Analyse annähernd dasselbe Resultat bei den mit kranken, wie mit gesunden Stöcken besetzten Böden gab. Wohl aber war die Wurzelthätigkeit eine sehr verschiedene, da Blätter und Rebholz der kranken Stöcke nur halb so viel Kali enthielten, als die von gesunden, welche dagegen sich ärmer an Kalk und Magnesia erwiesen.

Auch hier hatte Jauchedüngung einen besseren Verlauf der Krankheit resp. Heilung zur Folge.

Es bleibt aber immer zu betonen, daß die Gelblaubigkeit ein Symptom für verschiedene, oft ganz entgegengesetzte Störungen ist. Ein neuerer Fall

[1]) Biedermann's Centralbl. 1877, S. 58.

[2]) Zeitschrift. d. landwirthsch. Centralvereins f. d. Großherz. Hessen, cit. Centralbl. f. Agrikulturchemie 1872, Heft 8, S. 99.

z. B. zeigt nach den Analysen von Rotondi und Galimberti,[1]) daß die gelben Blätter zwar weniger Trockensubstanz besaßen, ihre Trockensubstanz aber reicher an Stickstoff, Asche, Phosphorsäure, Kali nnd Natron waren. Aus dem Umstande, daß Düngung keinen Unterschied von den ungedüngten Exemplaren im folgenden trockneren, nur etwas gelblich-grünes Laub noch veranlassenden Jahre hervorbrachte, sowie aus der obigen Analyse ist zu schließen, daß hier kein Mangel an mineralischen Nährstoffen, sondern eine ungenügende Verwendung Platz gegriffen hatte. Ich möchte die Vermuthung aussprechen, daß Sauerstoffmangel durch zu viel Wasser im Boden die Ursache gewesen sein dürfte.

Im Allgemeinen dürfte Kalimangel weniger oft zu befürchten sein, als man aus dem großen jährlichen Kaliverbrauch schließen könnte. Es ist häufig genug Kali durch Verwitterung und Zufuhr thierischen Düngers im Boden, so daß eine solche einseitige Zugabe mindestens überflüssig ist. Nur da, wo wir Gelbsucht oder Schwächeerscheinungen bei eben erst urbar gemachtem, vorher unfruchtbarem Boden, oder bei Wiesen, die nicht berieselt werden können, oder bei intensivem Anbau schnellwüchsiger, große Blattapparate produzirender Pflanzen, namentlich auf Moorboden, auftreten sehen, wird es angezeigt sein, an eine direkte Zufuhr von Kali zu denken, sobald man die Gewißheit hat, daß Stickstoffmangel nicht im Spiele sein kann.

Eisenmangel.

Im Anschluß an die bei Kalimangel auftretenden gelbsüchtigen (icterischen) Erscheinungen, sei derjenigen Gelbsucht gedacht, welche nachweislich durch Eisenmangel hervorgebracht wird. Treviranus[2]) citirt die von Brogniart bestätigten Versuche von Gris, Vater und Sohn. Icterische Pflanzenblätter, mit einem löslichen Eisensalze bestrichen, wurden grün; ja es ergrünten nur genau die Figuren und Buchstaben, die mit der Eisenlösung auf ein bleiches Blatt gezeichnet worden waren. In den auf diese Weise ergrünten Zellen hatten sich lebhaft grüne Chlorophyllkörner entwickelt, während der Inhalt der bleich gebliebenen Zellen aus einer schwach hellgrün gefärbten Gallerte bestand.

Sehr leicht belehren die ohne Eisen angesetzten Wasserkulturen der verschiedensten Kulturpflanzen, daß thatsächlich eine Bleichsucht in kurzer Zeit hervortritt.[3])

---

[1]) Relazione dei lavori eseguiti nel laboratorio chimico della r. stazione enologica sperimentale d'Asti 1878, cit. in Biedermann's Centralbl. 1879, S. 876.

[2]) Ueber den Wechsel des Grünen und Rothen in den Lebenssäften ꝛc. Bot. Zeit. 1860, S. 285.

[3]) Knop im Jahresber. f. Agrikulturchemie 1868/69, S. 288 beobachtete bei solchen Versuchen, daß das in die Pflanze kommende Eisen in dem Zellsafte nicht nachgewiesen werden konnte, also in einer gebundenen Form verbreitet wird. Im Jahre 1860 (Bot. Z., S. 357) stellten Weiß und Wiesner fest, daß Eisen nur in unlöslichen Verbindungen vorkommt, und zwar sowohl im Inhalt als auch in der Wandung älterer Zellen.

Chlormangel.

Nur in Rücksicht auf die im Vorhergehenden bei Besprechung des Kalimangels bereits erwähnte Arbeit von Nobbe[1]) sei hier der Chlorfrage gedacht. Soweit die Untersuchungen über die Rolle des Chlors im Pflanzenorganismus Aufschluß geben, muß man annehmen, daß Chlor kein absolut nöthiger, wohl aber ein in manchen Beziehungen nützlicher Faktor ist. Bei der so vielfach bestätigten, günstigen Wirkung des Chlorkaliums scheint es, daß das Chlor in der Pflanze in den Funktionskreis nützlich eingreift, den das Kalium zu übernehmen hat, also nach unserer Ansicht, bei der Bildung des Protoplasma's eine Rolle spielt. Daß es die Stärke transportfähig macht, wie Nobbe glaubt, ist nicht ersichtlich; viel wahrscheinlicher ist die Lösung der Stärkekörner in transportfähiges Material durch organische Fermente.

Es ist vielleicht anzunehmen, daß Chlor und Kalk in antagonistischem Verhältniß zu einander in der Pflanze stehen. Die bei dem Kalium erwähnten Ergebnisse von Mayer, daß die Wirkung des Chlorkaliums geschwächt wird durch Kalk und umgekehrt, weist darauf hin. Ebenso fand Knop,[2]) daß die Kalkaufnahme bei Chlorgehalt der Nährstofflösung geringer wird, ohne daß der Kalk in entsprechender Weise von Kali oder einer andern Basis vertreten wird. Somit veranlassen die Chlorverbindungen (durch Zurückbleiben des Kalkes) ein wesentliches Steigen des Säuregehaltes des Pflanzensaftes. Da unter den aufgenommenen Säuren die Phosphorsäure überwiegt, so glaubt Knop dieser Säure die von Nobbe beobachtete, größere Fruchtbarkeit bei Anwendung von chlorhaltigen Nährstofflösungen zuschreiben zu dürfen. Man möchte sich demnach den Vorgang so erklären, daß das Chlor, das übrigens je nach den der Wurzel dargebotenen Mengen in enorm verschiedenen Quantitäten sich im Pflanzenkörper anhäufen[3]) kann, die Transportfähigkeit der Phosphorsäure erhöht, indem es die Kalkaufnahme vermindert und dadurch verhütet, daß die Phosphorsäure in der schwerlöslichen Form des phosphorsauren Kalkes auftrete. Kommt die bei der Bildung der Eiweißstoffe einwirkende Phosphorsäure sehr leicht in die meristematischen Gewebezonen der fortwachsenden Spitzen, dann tritt reiche Plasmabildung und Zellvermehrung und damit in Verbindung reiches

---

[1]) Landwirthsch. Versuchsstationen VII, S. 371.

[2]) Chemisch-physiologische Untersuchungen über die Ernährung der Pflanze von Knop und Dworzak. Aus Berichte d. Kgl. sächs. Gesellsch. d. Wissensch. vom 23. April 1875, cit. Jahresber. f. Agrikulturchemie 1875, S. 267.

[3]) Pagnoul: Sur le role exercé par les sels alcalins sur la végétation de la betterave et de la pomme de terre. Compt. rend. 1875, t. LXXX, S. 1010. Fünfjährig fortgesetzte Düngungsversuche mit Chlorüren zeigten in den Rüben eine Schwankung im Gehalt von 1—5C. Bei Kartoffeln fiel der geringste Ertrag an Knollen mit der geringsten Menge der Asche an kohlensaurem Kali, aber deren größtem Reichthum derselben an Chlorüren zusammen.

Abströmen der Kohlenhydrate zur Eiweißregeneration ein. Demgemäß werden sich starke, fortwachsende Triebe und wenig gespeicherte Reservestoffe in den mit Chlor gedüngten Pflanzen finden müssen. Thatsächlich zeigen die vielen Düngungsversuche ein Herabgehen der Stärke und des Reservezuckers in den üppig wachsenden Kulturpflanzen.

Stickstoffmangel.

Die vielfach wiederholten Versuche mit der Kultur von Pflanzen in Nährstoffgemischen ohne Stickstoffbeigabe haben gezeigt, daß aus einem Samen unter sonst günstigen Verhältnissen bei einzelnen Pflanzengeschlechtern eine neue, selbst bis zur Produktion einiger Blüthen und neuer Samen sich herausbildende Miniaturpflanze entstehen kann. Der Gesammtstickstoffgehalt dieser ganzen Pflanze erreicht aber nicht denjenigen des ursprünglichen Samens. Aus diesem Umstande geht erstens hervor, daß die Pflanze nicht im Stande ist, durch ihre Blätter nennenswerthe Mengen von Luftstickstoff zu verwerthen, zweitens aber ersehen wir daraus, daß die in manchen Samen gespeicherte Stickstoffsubstanz einzelnen Individuen ermöglicht, ihren ganzen Entwicklungscyclus zu durchlaufen, also alle Lebensprozesse in minimalem Umfange durchzumachen. Dies führt zu der ferneren Erkenntniß, daß der im Samen gespeicherte Stickstoff leicht mobilisirbar und wanderungsfähig, ja daß dasselbe Molekül wahrscheinlich zu denselben Zwecken des Aufbaues von Zellenplasma mehrmals verwendbar ist. Auch die Betrachtung des Wachsthums der Stickstoffmangelpflanzen weist auf ein solches Verhältniß hin; denn man sieht, daß in dem Maaße, als die Stengelspitze weiter wächst, die untersten Blätter ausgesogen werden und vom Rande oder der Spitze her zu vertrocknen beginnen.

Während also bei Kalk, Magnesia und den meisten übrigen Nährstoffen ein großer Theil für das Spitzenwachsthum verloren geht, weil derselbe gebunden in den einmal gebildeten Organen festliegt, sehen wir bei dem Stickstoff diesen Umstand im geringsten Maaße auftreten. Die Pflanze kann also den ihr (in passender Form gebotenen) Stickstoff bis auf kleine Reste ausnützen. Auch sehen wir eine schnelle, in die Augen springende Wirkung der Stickstoffdüngung bei stickstoffbedürftigen Kulturen. Dieselbe äußert sich zunächst in fortlaufend sich steigernder Produktion vegetativer Organe, also vorzugsweise in Vermehrung des Blattapparates. Erst mit der allmählich gesteigerten Arbeit des Blattes nehmen dessen Arbeitsprodukte, die Stärke und sonstige Kohlenhydrate in dem Maaße zu, daß die durch die Phosphorsäurewirkung wahrscheinlich geregelte Eiweißregeneration aus dem Asparagin, sowie andere, die Plasticität des Zellinhalts erhöhende Prozesse die Streckungsfähigkeit der Stengelspitze lähmen helfen und die Zellvermehrung, wie ich glaube, in den Hintergrund treten lassen. Es gewinnt, namentlich unter Einwirkung von Wärme, Licht und Trockenheit der Prozeß der Reservestoff-Speicherung die

Oberhand und damit die Tendenz in der Pflanze, Reproduktionsorgane, Blüthen, anzulegen.

Daß der Stickstoff in seiner Wirkungsweise vom Kali unterstützt wird, ist eine Ansicht, die wir schon früher ausgesprochen, und die sich ebenfalls aus dem Umstande ergiebt, daß die stickstoffreichen jungen Pflanzentheile auch reich an Kali sind; in letzter Zeit hat auch Bissinger[1]) bei den Pilzen wieder darauf aufmerksam gemacht, daß die stickstoffreiche Pilzsubstanz auffallend große Mengen von Kali und Phosphorsäure enthält.

Bei der schnellen Verwerthbarkeit und Wanderungsfähigkeit des Stickstoffs, die bei den Pflanzen eben eine momentane Ausnutzung dieses in aufnehmbarer Form gebotenen Nährstoffs gestattet, kann demzufolge in einer folgenden Periode leicht Mangel eintreten. Wir kennen die verschiedenen Störungen noch nicht, welche aus den mannigfachen Combinationen hervorgehen, wenn die andern Wachsthumsfaktoren in großer Menge vorhanden, aber der Stickstoff im Verhältniß zu gering ist. Nur ein Symptom dürfte als selten fehlend zu nennen sein, nämlich eine gewisse Bleichlaubigkeit, die sich aber weder bis zu der durch Lichtmangel hervorgerufenen Bleichsucht (Chlorosis) noch bis zur ausgesprochenen Gelblaubigkeit (Icterus) steigert. Durch Stickstoffzufuhr sieht man in solchen Fällen das Laub dunkelgrün werden.

Aehnliches läßt sich vielfach beobachten, wenn der Stickstoff der chlorophyllhaltigen Pflanze in unpassender Form geboten wird. Die unzweifelhaft beste Form ist die der salpetersauren Salze. Ob Ammoniak, das bei Pilzen ebenso wie einzelne organische Stickstoffverbindungen völlig verarbeitet wird, bei irgend einer phanerogamen Pflanze wirklich dauernd mit Vortheil angewendet werden kann, erscheint trotz mancher positiver Versuchsergebnisse immer noch fraglich, wenn es nicht im Boden zu salpetersauren Salzen umgewandelt wird.

Daß Ammoniaksalze auch aus der Luft durch die Blätter aufgenommen werden können, ist nach den Versuchen von Sachs, Mayer und Schlösing wohl nicht zweifelhaft; ich selbst sah bisweilen Pflanzen in stickstoffarmer Sandkultur ihr gelbliches Laub in einer Atmosphäre mit kohlensaurem Ammoniak dunkler grün, ja in einigen Fällen tief dunkelgrün (Syringa, Aesculus) werden, aber in andern Fällen (Pelargonium) trat die Erscheinung nicht ein; sondern die Blätter wurden braunrandig und gingen zu Grunde, ohne sich vorher dunkler zu färben. Der durch die Blattorgane aufgenommene Stickstoff wird aber nie eine nennenswerthe Produktion hervorrufen und es werden stets Mangelpflanzen entstehen, wenn dieser Nährstoff nicht in genügender Menge durch die Wurzel aufgenommen werden kann.

[1]) Ueber Bestandtheile der Pilze Lactarius piperatus und Elaphomyces granulatus. Aus Archiv für Pharmazie, Bd. 21, S. 321, cit. in Biedermann's Centralbl. 1883, S. 713.

Nach meiner Auffassung gehört zu den auf Stickstoffmangel beruhenden Krankheitserscheinungen

Die Weißblättrigkeit (Albicatio).

Hiermit soll der Zustand bezeichnet werden, den wir in der Regel unter den Begriff der Buntblättrigkeit bringen. Die von den Gärtnern gesuchte und durch Veredlung fortpflanzbare, (theilweis sogar auf die Unterlage übertragbare) Erscheinung zeigt sich darin, daß einzelne Stellen, die bald kreisförmig im Diachym, bald als Streifen in der Nähe der Rippen, bald als zusammenhängende Zone längs des Blattrandes auftreten, weißgefärbt erscheinen. Der Grad der weißen Farbe ist verschieden. Vom reinsten Weiß bis zum Quittengelb zeigen sich die mannigfachsten Uebergänge, welche bei manchen Pflanzen noch weitere Farbennüancen durch Auftreten rother Farbentöne liefern; dadurch wird dann die eigentliche Buntblättrigkeit (coloratio), Chromatismus, erzeugt.

Das bekannteste Beispiel für die Weißfleckigkeit dürfte das Bandgras unserer Gärten (Phalaris arundinacea L., Ph. picta L.) sein, bei dem die weißen Parthien abwechselnd als Streifen zwischen den Rippen auftreten. Noch auffallender, wenn auch seltener vorkommend, ist eine Spielart des eschenblättrigen Ahorns (Negundo fraxinifolia), welche bisweilen eine ganz weiße Belaubung zeigt. Als Beispiel für das Auftreten der Buntfärbung, sowie der Weißfärbung sei die Familie der Aroideen genannt; unter diesen zeigt der häufig im Zimmer kultivirte Aronskelch (Richardia [Calla] aethiopica) Blätter, die oft so blendend weiß sind, wie die tütenförmige Blüthenscheide; an die Calla schließen sich die Caladien, die Lieblinge unserer Warmhäuser an, von denen einige nur weißgefleckt, andere weiß und roth und endlich eine dritte Art nur rothgefleckt ist. Es kommt ziemlich häufig vor, daß weißgefleckte Pflanzen auch rothfleckige Varietäten erzeugen und daß einzelne Blätter nur weißgesprenkelt, andere daneben auch röthlich gefleckt erscheinen, was schon darauf hinweist, wie nahe die albicatio der coloratio steht. Nachdem durch die Liebhaberei für diese Erscheinungen seit Jahren von den Gärtnern fleißig Material gesammelt worden, läßt sich jetzt behaupten, daß alle Pflanzen buntblättrige Formen zu bilden im Stande sind. Manche Blätter übertreffen die Blumen an Intensität der bunten Färbung, welche sich aber in der Regel in dem Kreise von Weiß, Roth und Gelb bewegt.

Es herrschen sowohl in wissenschaftlichen als praktischen Kreisen ernste Bedenken gegen die Anschauung, in den weißbunten Blättern Krankheitserscheinungen anzusprechen; indeß glauben wir doch, diese Meinung vertheidigen zu müssen. Wenn wir eine größere Anzahl von buntblättrigen Pflanzen untersuchen, so finden wir alle Abstufungen vom normalen Chlorophyllkorn in den Zellen bis zum gänzlichen Verschwinden der geballten Träger des Chlorophyllfarbstoffs. Die gelberscheinenden Pflanzentheile zeigen häufig noch die Chloro-

phyllkörper als gelbe, schwammiger aussehende Ballen in den Zellen; je reiner weiß die Pflanzentheile erscheinen, desto weniger ist selbst von ungefärbten Chlorophyllkörnern noch zu entdecken und desto mehr nimmt das Plasma die Beschaffenheit einer weichen, gleichmäßigen Wandauskleidung an. Die Intercellularräume sind luftreicher.

Mit dem Schwinden des Chlorophyllkörpers hört auch die Kohlensäurezersetzung des Blattes auf. Cloëz[1]) fand, daß die Blätter nur im Verhältniß ihres Chlorophyllgehaltes Kohlensäure zersetzen. Bei den bunten Blättern von Amaranthus tricolor bewirkten nur die grünen Theile die Zersetzung, während die gelben und rothen Blattabschnitte keine Sauerstoffbläschen lieferten. Saussure hatte bei Atriplex hortensis seine Untersuchungen angestellt und darauf die von Corenwinder wiederholte Ansicht gegründet, daß rothe Blätter auch assimiliren; Cloëz zeigte aber, daß bei Atriplex hortensis die Blätter Chlorophyll enthalten, das nur von einem rothen Farbstoffe verdeckt wird.

Wenn die Cloëz'sche Ansicht richtig ist, (und daß dieselbe richtig ist, hat neuerdings Engelmann[2]) nachgewiesen) dann gilt das, was von den rothen Blättern gesagt ist, sicherlich für die weißgefleckten Blätter, bei denen nur ein Xanthophyll nachgewiesen ist; wenigstens erhielt Compert[3]) aus den weißen Blättern des eschenblätterigen Ahorns einen hellgelben Alkoholauszug, der fast das Spectrum des Chlorophylls zeigte. Die Xanthophylllösung besaß eine durch Lichteinfluß begünstigte Fähigkeit der Sauerstoffaufnahme und Kohlensäureabgabe. Die Xantophylle gehören sämmtlich nach Tschirch[4]) in die Chlorophyllreihe; sie sind entweder Spaltungsprodukte des Reinchlorophylls (Kyanophylls von Kraus), oder Farbstoffe, welche normal das Chlorophyll im Korn begleiten.

Bei den weißen Blättern möchte man annehmen, daß das Xanthophyll nicht bis zur Bildung des Chlorophylls gekommen ist, sondern das Material des Chlorophyllkorns auf jugendlichem Entwicklungsstadium stehen geblieben ist. Die von Church[5]) ausgeführten Analysen können als eine gute Bestätigung dienen. Zur Verwendung kamen weißfleckige Varietäten von Maple (Acer Negundo), Ivy (Hedera Helix) und Holly (Ilex aquifolium); sie

	Acer		Ilex		Hedera	
	weißbl.	grünblättrig	weißbl.	grünbl.	weißbl.	grünbl.
besaßen an Wasser	82,83 %	72,70 %	74 14 %	62,83 %	78,88 %	66,13 %
organische Substanz	15,15 „	24,22 „	23,66 „	35,41 „	18,74 „	31,63 „
Asche	2,02 „	3,08 „	2,20 „	2,47 „	2,38 „	2,24 „

---

[1]) Compt. rend. LVII, S. 834.

[2]) Engelmann: Farbe u. Assimilation, Bot. Zeit. 1883, Nr. 1 u. 2.

[3]) Bericht über die im Jahre 1872 in den Niederlanden veröffentl. bot. Untersuchungen von de Vries. Flora 1873, S. 52, Anmerk. 2.

[4]) Untersuchungen über das Chlorophyll, III. Ber. d. deutsch. Bot. Gesellsch., Bd. I, Heft 3 u. 4.

[5]) Church: Variegated leaves. Gardeners Chronicle 1877, II. S. 586.

Die grünen Blätter zeigen also, gegenüber den weißfleckigen, beträchtlich größere Trockensubstanzmengen, und die Aschenbestandtheile bilden bei Letzteren wie überall, wo Nahrungsmangel ist, einen größeren Prozentsatz der Trockensubstanz. Der Stickstoffgehalt bei Epheu und Stechpalme war reicher im Verhältniß zur Trockensubstanz bei den weißen Blättern; doch ist hier eine Wiederholung der Analysen nothwendig. Auch dieses Resultat ist erklärlich; denn wenn der Chlorophyllapparat, dessen Nothwendigkeit zur Erzeugung des Stärkekorns und anderer Kohlenhydrate außer Zweifel, nicht vorhanden, so wird die Trockensubstanzmenge herabgedrückt erscheinen und die absolut geringere Menge stickstoffhaltiger Substanz relativ erhöht erscheinen. Daß die in Alkohol und Aether löslichen Substanzen bei den weißen Blättern von Epheu und Stechpalme nur ungefähr die Hälfte soviel, als bei den grünen Blättern ausmachten, darf ebenfalls nicht Wunder nehmen.

Sehr wichtig ist die prozentische Zusammensetzung der Asche; es fand sich

	Acer		Ilex		Hedera	
	weiß	grün	weiß	grün	weiß	grün
an Kali	45,05 %	12,61 %	35,30 %	16,22 %	47,20 %	17,91 %
Kalk	10,89 „	39,93 „	21,50 „	34,43 „	12,92 „	48,55
Magnesia	3,95 „	4,75 „	3,23 „	2,43 „	1,11 „	1,04 „
Phosphorsäure	14,57 „	8,80 „	9,51 „	7,29 „	10,68 „	3,87 „
Eisenoxyd	?	?	3,11 „	3,11 „	2,62 „	2,31 „

Damit der Gehalt an Eisenoxyd nicht durch das Messer bei dem Abschneiden der Blätter geändert werden möchte, sammelte der Forscher die Blätter ohne Anwendung von Schneideinstrumenten.

Obgleich die Kohlensäure bei der Asche nicht berücksichtigt worden und die Chlor- und Schwefelsäurebestimmung fehlen, so sind die obigen Zahlen doch sehr instruktiv; sie zeigen thatsächlich, daß die weißblättrigen Pflanzen sich in ihrer Zusammensetzung den jüngsten Stadien der normalen Vegetation nähern, während die grünen die reiferen Stadien repräsentiren.

Ich mache mir nun folgende Vorstellung von der Entstehung der Albicatio. Bei der mit Stickstoff reichlich ernährten Blattzelle ist soviel Plasma vorhanden, daß nicht nur das Material zum Ausbau der Zellwand geliefert werden kann, sondern auch noch reichlich die schwammartigen Chlorophyllkörner erzeugt werden können. Wird die Zufuhr zur jungen Zelle zu früh abgeschnitten, indem das Protoplasma vermehrende Material zu spärlich zufließt und die Zellwand zu früh alt wird, so hat die Zelle nur den ersten Theil ihrer Arbeit, die Ausbildung der Wand, thun können und sie hat nichts erübrigt, um die Apparate für den Reduktionsprozeß und die Vermehrung der Trockensubstanz herzustellen oder zu erhalten. Bringt man die Pflanze in Verhältnisse, welche die Ausbildung der Zellwand verlangsamen, (Schatten und Feuchtigkeit) so werden die albicaten Pflanzentheile geneigt, grüne Blätter zu produziren. Diese Beobachtung wird durch eine Erfahrung von Lindemuth gestützt, der eine wesentliche Begünstigung

der Weißfleckigkeit durch intensive Lichtwirkung constatirte. Ernst[1]) in Caracas erwähnt, daß das in dortiger Gegend gewöhnliche Solanum aligerum Schlecht. sich nicht selten buntblättrig findet. Diese Erscheinung tritt jedoch nur auf magerem Boden auf. Stark buntblättrige Exemplare in besseren Boden verpflanzt, wurden grün. In Folge dessen ist und bleibt der Pflanzentheil arm an Reservestoffen; sein Zellsaft zeigt eine geringere Concentration.

Die Gewebe aber mit geringer concentrirtem Zellsaft sind weniger widerstandsfähig. Thatsächlich sind die weißblättrigen Pflanzentheile empfindlicher gegen Hitze, Frost und Trockenheit; ebenso gehen Sämlinge mit weißen Cotyledonen und Plumularblättern sehr leicht zu Grunde; ich habe bei größeren Aussaaten von Obstsorten verschiedener Art nicht selten rein weiße, oder weiße mit röthlichem Anfluge versehene Sämlinge gefunden; dieselben wurden stets mit besonderer Aufmerksamkeit behandelt, gingen aber nach einiger Zeit zu Grunde, falls sie nicht anfingen, grüne Blatttheile zu produziren. Dergleichen Beobachtungen liegen auch von anderer Seite vor, wie z. B. bei Phormium tenax (de Smet), Passiflora quadrangularis, sowie bei Dahlia variabilis, Dianthus Caryophyllus und Liliaceen (Lindemuth). Bei dem Mangel an Reservestoffen in den albicaten Zweigen ist auch die fernere Beobachtung erklärlich, daß deren Stecklinge schwerer wachsen, als von den grünen Theilen desselben Individuums: man denke beispielsweise an Hortensien mit rein weißen Blättern, an Pelargonien aus der Gruppe der „Miss Pollack".

Aus dem Gesagten geht zur Genüge hervor, daß wir in der Albicatio wirklich Schwächezustände der Pflanze zu sehen haben, die an und für sich nicht zum Tode führen, aber empfindlichere Individuen erzeugen. Daß solche Schwächezustände erblich und übertragbar werden[2]) können, ist nicht auffallender als die Uebertragbarkeit günstigerer Eigenschaften. Erinnert sei an die Samenbeständigkeit des buntblättrigen Zea Mays, Brassica oleracea crispa u. A. Von Busch wird angegeben, daß 6 Knollen von einem buntblättrigen Exemplare der Rosenkartoffel wieder buntblättrige Pflanzen ergaben. Die Versuche von Lindemuth mit der Uebertragbarkeit der Weißfleckigkeit von dem Edelreise auf den Wildling sind sehr schätzbare Beweise. Aus der bezüglichen Arbeit verdienen einzelne Beobachtungen noch besondere Erwähnung. So sah L. z. B. bei Abutilon, daß albicate Blätter meist kleiner und von kürzerer Lebensdauer sind. Wir erinnern in dieser Beziehung an die auch bei unsern wilden Pflanzen nicht selten vorkommende Erscheinung, daß da, wo die eine Blatthälfte weiß, die andere grün ist, die Erstere kürzer bleibt und die Letztere deßhalb in größerem Bogen um die weiße Hälfte sichelförmig sich herum-

[1]) Botanische Miscellaneen. Bot. Zeit. 1876, S. 37.

[2]) Lindemuth: Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Landwirthsch. Jahrbücher von Thiel, 1878, Heft 6.

krümmt (Cichorium, Beta). Bei marmorirten Blättern erscheinen die weißen Felder eines Blattes oft gespannt, die grünen runzelig bis blasig oder bullat. Lindemuth spricht die Vermuthung aus, daß die verschiedenen Varietäten und Formen von Croton, welche jetzt als buntblättrige Pflanzen in Massen kultivirt werden und nach Regel alle von Godiaeum variegatum Müll. stammen, auch als Beispiele hierher gehören, indem die Albicatio resp. die Coloratio durch die Verschiedenartigkeit der Streckung des bunten Gewebes gegenüber den normal grünen Parthien zu den wunderlichen Ausbuchtungen und Drehungen, die sich zeigen, Veranlassung giebt. Die Weißfleckigkeit wirkt auch auf die Achsen bisweilen verkürzend, wie die bunte Kerria japonica beweist, deren grüne Triebe desselben Stockes und Alters bisweilen um 1 m höher sind, als die bunten; ebenso verhalten sich die bunten Formen von Weigelia, Sambucus u. A.

Wenn bei fortgesetzter Kultur albicater Pflanzen sich die Empfindlichkeit derselben derart steigern sollte, daß die Erzeugung grüner Formen wünschenswerth erscheint, dann ist reiche Stickstoffzufuhr, Wassergabe und vermehrte Beschattung ein früher oder später Erfolg bringender Weg.

Oberirdische Kartoffelknollen.

Wenn auch nicht speziell nachweislich auf Stickstoffmangel zurückführbar, mag doch zum Schluß eine Erscheinung hier Erwähnung finden, die bei Kulturen im Freien selten erscheint, bei gärtnerischen Versuchen indeß mehrfach zur Beobachtung gelangt. Es ist die Bildung von Knollen in den Blattachseln der grünen, oberirdischen Kartoffeltriebe. Die Knollen entsprechen durchaus denjenigen an den unterirdischen Trieben; nur sind sie chlorophyllreicher, kleiner und stärkeärmer. Man findet sie bei Stecklingen an den Kartoffeltrieben, dann bei Wasserkulturen, deren Wurzeln verschleimen, endlich auch bei Landpflanzen, wenn deren Wurzelapparat schwer geschädigt ist oder die jungen Stolonen entfernt worden sind.[1]) In allen Fällen ist eine Schwächung der Wurzelthätigkeit vorhanden, in Folge dessen auch eine spärliche Verwendung des von den Blättern erarbeiteten Reservematerials stattfindet. Dasselbe wird vielmehr in den den Erzeugungsorten zunächst liegenden Knospen aufgesammelt, wie dies z. B. bei Begonia discolor im Herbste stattfindet. Hier strotzen normaler Weise die Blattachselknöllchen von Stärke, während in den Stengelinternodien oder Blättern nur noch geringe großkörnige Reste vorhanden sind.

Kohlensäuremangel.

Soweit bis jetzt Versuche reichen,[2]) kann man annehmen, daß die Kohlensäure des Bodens nicht dazu dient, den Kohlenstoff für die Pflanzen zu liefern,

---

[1]) Sachs: Ueber physiologisch erklärbare Wachsthumscorrelationen im Pflanzenreiche. Biedermann's Centralbl. 1883, X, S. 714.

[2]) s. Cailletet in Compt. rend. Bd. LXXIII, 1871.

sondern daß dazu die Kohlensäure in der Luft allein tauglich ist. Trotz des geringen Gehaltes von etwa 0,036—0,040 Volumprozenten, den die aus etwa 79 Theilen Stickstoff und aus annähernd 21 Theilen Sauerstoff[1]) bestehende Luft an Kohlensäure besitzt, reicht dieselbe doch überall aus, um eine hochgesteigerte Produktion zuzulassen. Wenn dieser wichtige Nährstoff gänzlich fehlt, wie man dies im Experiment durch Aufstellung von Gefäßen mit Kalilauge unter geschlossenen Glocken beobachten kann, so nützen die übrigen Faktoren des Wachsthums in günstigster Zusammensetzung nichts. Corenwinder[2]) sah, daß Knospen und junge Blätter sich in kohlensäurefreier Luft nicht weiter entwickeln. Bei Boussingault[3]) bildeten sich aus 2 Maiskörnern junge Pflanzen, deren Trockensubstanz, Kohlenstoff- und Sauerstoffgehalt geringer, deren Stickstoff ebenso groß wie in den Samenkörnern war. Wasserstoff und Asche hatten eine geringe Zunahme erfahren. Böhm[4]) fand bei noch im Wachsthum begriffenen, abgeschnittenen Blättern der Feuerbohne, welche durch Dunkelheit oder durch Untertauchen in größeren Gefäßen mit sauerstoffhaltigem Wasser entstärkt worden waren, daß dieselben bei vollem Tageslichte in kohlensäurehaltiger Atmosphäre nicht nur Wurzeln aus den Blattstielen bildeten, sondern sich auch im Querdurchmesser vergrößerten, selbst wenn sie blos mit destillirtem Wasser begossen waren. Dagegen zeigten die in destillirtem Wasser gezogenen, unter dem Einfluß des vollen Tageslichtes unter Glasglocken stehenden, aber über Kalilauge befindlichen Keimpflanzen der Feuerbohne nur eine Längenzunahme bis 10 cm und dann verschrumpften die Stengel unterhalb der in der Regel ganz stärkefreien Primordialblätter. Keimpflanzen von Feuerbohnen, die in humusreicher Gartenerde gezogen, aber durch schwache Beleuchtung ihrer Stärke bis auf geringe Mengen beraubt worden waren, bildeten bei späterer intensiver Beleuchtung in einer ihrer Kohlensäure beraubten Atmosphäre keine neue Stärke und gingen zu Grunde. Es nützten ihnen also die Kohlensäure im Boden und die übrigen günstigen Vegetationsbedingungen nichts. Godlewski[5]) sah die Stärke auch in den dem vollen Tageslichte ausgesetzten Pflanzen verschwinden, wenn denselben die Kohlensäure der Luft entzogen wurde.

Einen weiteren Einblick in den Wachsthumsmodus der Pflanzen, denen

---

[1]) Nach den Untersuchungen von Jolly (cit. in Forsch. a. d. Gebiete d. Agrikulturphysik 1879, S. 325) schwankt der Sauerstoffgehalt der Luft nicht unbeträchtlich (zwischen 20,53—20,86%). Der größte Sauerstoffgehalt zeigte sich bei herrschendem Polarstrom und der kleinste unter herrschendem Aequatorialstrom.

[2]) Recherches chimiques sur la végétation. Fonctions des feuilles. Compt. rend. t. LXXXII, 1876, Nr. 20, S. 1159.

[3]) Boussingault: Végétation du Mays, commencé dans une atmosphère excempte d'acide carbonique. Compt. rend. t. LXXXII, Nr. 15, S. 788.

[4]) Böhm in Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1876, cit. Bot. Zeit. 1876, S. 808.

[5]) Bibliographische Berichte über die Publikationen der Akademie der Wissenschaften in Krakau. Heft I, cit. Bot. Zeit. 1876, S. 828.

die Kohlensäure der Luft entzogen, geben meine eigenen Versuche.[1]) Junge Kohlpflänzchen in 0,5 % Nährstofflösung wurden theils in Glasglocken mit Kalilauge, theils in solche ohne Kalilauge gebracht und ein Rest frei zwischen den Glasglocken belassen. Die Ernte nach 10 Tagen ergab:

	Freistehende Pflanze				Kaliglocke		Kalilose Glocke		
Pflanze Nr.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	IX.
Frischgewicht der Wurzel und Stengel	0,457	0,367	0,414	0,470	0,175	0,2305	0,297	0,313	0,232
Frischgewicht der Blätter .	1,598	1,494	1,564	1,682	0,765	1,011	1,786	1,712	1,850
Oberfläche der Blätter in qcm	50,6	47,5	50,1	47,3	25,4	26,6	50,4	54,1	37,1
Gesammttrockensubstanz .	0,2755	0,2510	0,2685	0,2760	0,0760	0,0985	0,1705	0,1740	0,1765
Prozentsatz d. Frischgewichtes an Trockensubstanz .	13,4 %	13,5	13,5	12,8	8,4	7,9	8,4	8,6	8,4
Gesammtverdunstung in gr	69,3	74,4	82,5	75,0	27,4	34,4	43,1	40,4	43,3
Verdunstung pro gr Trockensubstanz	251,5	296,4	307,2	271,7	360,6	349,2	252,8	232,2	245,3

Die Tabelle zeigt, daß die Produktion an Frisch- und Trockensubstanz in der Kaliglocke am geringsten war. Je nach der Menge von neu produzirter Trockensubstanz ist die absolute Verdunstungsgröße eine mehr oder weniger beträchtliche; am kleinsten ist sie bei den Pflanzen unter der Kaliglocke. Natürlich ist der Einfluß der Glocken, also die in denselben herrschende Luftfeuchtigkeit in Anschlag zu bringen. Dieser Faktor macht sich gegenüber den freistehenden Exemplaren durch einen geringeren Prozentsatz der Pflanzen an Trockensubstanz, also durch lockeren Bau und längere Blattstiele geltend.

Vergleicht man blos die Exemplare der Kaliglocke mit denen der andern Glocke, so ist das Resultat sicherer. Der Kohlensäuremangel macht sich durch die geringere Gesammtproduktion, namentlich im Blattapparat am meisten kenntlich; die Oberfläche ist nur etwa halb so groß. Das Auffallendste ist die Verdunstungsgröße, die pro Gramm der vorhandenen Trockensubstanz berechnet wird. Diese ist bei den der Kohlensäurezufuhr beraubten Pflanzen am größten; dasselbe zeigt sich bei der Berechnung der Verdunstung pro □Cm. Fläche von den unter den beiden Glocken gewachsenen Pflanzen. Diese Thatsache ist mit andern Versuchsergebnissen in Verbindung zu setzen, wonach sich ergiebt, daß die relative Verdunstungsgröße sich auch bei Pflanzen steigert, die andere Ernährungsmängel zu erdulden haben. Setzt man z. B. Pflanzen aus normaler, zusagender Nährstofflösung in eine solche von zu geringer Concentration oder in destillirtes Wasser, so steigert sich die relative Verdunstung; ebenso wächst dieselbe bei Sämlingen durch Entfernung der Reservestoffbehälter, der Cotyledonen. Es wäre immerhin möglich, daß die Pflanze sich zu größerem Wassertransport durch die Wurzel, also zu größerer einseitiger Arbeitsleistung anstrengen müßte, um den Mangel durch vermehrte Zufuhr aus dem Wurzelmedium zu decken.

---

[1]) Sorauer: Studien über Verdunstung. Forschungen auf dem Gebiete d. Agrikulturphysik, Bd. III, Heft 4/5.

Für die Praxis ergiebt sich aus den vorstehenden Untersuchungen der Wink, zu versuchen, durch vermehrte Kohlensäurezufuhr die Produktion zu heben. Thatsächlich zeigen die Experimente, daß man mit Vermehrung der Kohlensäure eine viel schnellere Stärkebildung erzielt. Für manche Pflanzen war eine Steigerung bis auf 6—8 % zulässig. Selbstverständlich ist für jede Pflanze und bei derselben für jede andere Combination der Vegetationsfaktoren ein anderes absolutes Maaß von Kohlensäure nöthig, um eine optimale Produktion zu erzielen. Kohlensäure im Uebermaaß ist ebenso nachtheilig wie Kohlensäuremangel.

Sauerstoffmangel.

Zum Wohlbefinden einer jeden auf die Luft angewiesenen Pflanze gehört die stete Berührung ihres Leibes mit Sauerstoff. Das Durchlüftungsbedürfniß und die Durchlüftungsvorrichtungen sind bei den einzelnen Geschlechtern sehr verschieden. Bald nachdem der Sauerstoff einer Pflanze abgeschnitten wird, tritt in ihren Zellen „Sauerstoffstarre", d. h. ein Aufhören der Bewegung des Protoplasma's ein. Solcher Sauerstoffmangel ist in den Versuchen von Kühne[1]) durch Ersetzung der Luft durch eine Wasserstoffatmosphäre erreicht und dabei beobachtet worden, daß die Bewegung in den Staubfädenhaaren von Tradescantia virginica erst nach 15—30 Minuten aufhörte, was als Nachwirkung der angestoßenen Bewegungen aufzufassen ist, die noch durch den in der Substanz des Zellenleibes gespeichert gewesenen Sauerstoff unterhalten worden sind. Ebenso fand Wortmann[2]), daß die Pflanzentheile in sauerstofffreier Luft anfangs grade soviel Kohlensäure aushauchten, als die, denen freier Sauerstoffzutritt gestattet war. Erst später machte sich ein Unterschied zu Gunsten der Letzteren geltend. Diese Kohlensäureabgabe bei Sauerstoffabschluß ist nach Pflüger als „intramolekulare Athmung" bezeichnet worden. Keimungen, sowie wirkliche Wachsthumserscheinungen aber finden bei Sauerstoffmangel nicht statt; indeß sterben die grünen Pflanzen auch nicht in kurzer Zeit; sie ersticken vielmehr sehr langsam, da sie zunächst, wenn ihnen der Sauerstoff entzogen ist, bei zusagender Beleuchtung noch Kohlensäure und Wasser zersetzen und sich selbst Sauerstoff bilden. Böhm[3]) fand eine geringe Menge Sauerstoff bei der Analyse des Gasvolumens vor, wenn er grüne Blätter von Landpflanzen in Wasserstoffgas solchen Beleuchtungsbedingungen aussetzte, bei denen grüne Pflanzen Kohlensäure zerlegen können.

Daß auch eine Luftverdünnung auf die Plasmaströmung hemmend wirkt,

[1]) Untersuchungen über das Protoplasma 1864, S. 89 und 106.

[2]) Wortmann: Ueber die Beziehungen der intramolecularen zur normalen Athmung. Inauguraldissertation, Würzburg 1879.

[3]) Böhm: Ueber die Respiration von Landpflanzen. Sitzungsb. d. Kais. Akad. d. Wissensch. in Wien, Bd. 67 (1873).

hat schon vor vielen Jahren Corti beobachtet.[1]) Neuerdings wies Bert[2]) nach, daß die Keimung der Samen um so langsamer vor sich geht, je geringer der Luftdruck ist. Da aber bei normalem Luftdruck und nur vermindertem Sauerstoffgehalt ebenfalls die Keimung langsamer erfolgt und umgekehrt bei erniedrigtem Luftdruck, aber erhöhter Sauerstoffzufuhr die Samen schneller keimen, so ergiebt sich, daß eben nur der Partialdruck des Sauerstoffs der maßgebende Faktor ist.

Daß Sauerstoffüberschuß ebenso hemmend wie Sauerstoffmangel wirkt, ist nach den in allen übrigen Wachsthumsfaktoren gemachten Beobachtungen von vornherein zu vermuthen, ist aber durch Bert auch direkt nachgewiesen worden. Durch zu hohe Spannung des Sauerstoffs wurden die Oxydationsvorgänge in den Pflanzen gehemmt. Bei 6 Atmosphären starb eine Mimosa, welche bei Sauerstoffmangel ihre Reizbarkeit verliert, in gewöhnlicher Luft. Wurde die Luft sauerstoffreicher gemacht, genügte zur Tödtung schon ein Druck von 2 Atmosphären.

Weitere Untersuchungen über den Einfluß des Sauerstoffmangels finden wir in dem Abschnitt über das „Tiefe Pflanzen der Bäume“. Es handelt sich dort vorzugsweise um den in schweren Böden besonders leicht sich einstellenden Luftmangel für die Wurzeln, wenn die Bodencapillaren durch Wasser längere Zeit verstopft sind. Daß aber auch die oberirdische Achse, namentlich wenn es sich um dicke Stämme handelt, öfter an Sauerstoffmangel leidet, als man gewöhnlich vermuthet, möchte ich wohl glauben. Andere vorübergehende Stöße, wie z. B. Frostwirkungen, können die Veranlassung dazu sein, indem sie eine Verstopfung der Gefäße durch Quellung der secundären Membran oder durch Thyllenbildung, Gummipfropfen u. dgl. hervorrufen. Dadurch wird im Splint eine Stockung der Wasserleitung, die nach den neueren Anschauungen[3]) vorzugsweise dort in den Lumina's der Gefäße, Tracheïden und (bei Coniferen) der Holzfasern vor sich geht, eingeleitet; im alten, Luft führenden Holzkörper leidet in demselben Maaße die Durchlüftung.

Die Art der Durchlüftung ist nach Böhm's[4]) Beobachtungen folgendermaßen aufzufassen. Es ist nicht blos eine Druckdifferenz zwischen der äußeren Atmosphäre und der verdünnten Luft im Innern der Gefäße vorhanden, sondern auch ein stofflicher Unterschied. Die Binnenluft wird ihren Sauerstoff zum

---

[1]) Meyen: Pflanzenphysiologie 1838, II, S. 224.

[2]) Recherches experimentales sur l'influence que les changements dans la pression barometrique exercent sur les phénomènes de la vie. Compt. rend. 1873, LXXVI und LXXVII.

[3]) Elfving: Ueber die Wasserleitung im Holze. Bot. Z. 1882, Nr. 42, S. 707, s. auch Böhm.

[4]) J. Böhm: Ueber die Zusammensetzung der in den Zellen und Gefäßen des Holzes enthaltenen Luft. Landwirthsch. Versuchsstationen 1878, Bd. XXI, S. 373.

Verbrauch bei den Respirationsprozessen schneller hergeben und die entstehende Kohlensäure aufnehmen. Diese wird entweder bei einer Füllung der Gefäße mit Wasser aufgesogen und mit dem aufsteigenden Saftstrome fortgeführt oder aber, da sie die feuchten Wandungen ziemlich leicht durchdringt, durch Diffusion in radialer Richtung nach außen geschafft. Der neue nothwendige Sauerstoff, der theilweis wohl auch mit der im Wasser gelösten sauerstoffreicheren Luft durch die Wurzeln eintritt, wird der Hauptsache nach unter normalen Verhältnissen durch transversale Leitung nach innen gelangen. Derselbe diffundirt durch die feuchten Membranen leichter als der Stickstoff der Luft, weil das Wasser für ihn eine größere Absorptionsfähigkeit hat, als für den Stickstoff. Da nun der Sauerstoff im Innern des Pflanzenleibes am meisten verbraucht und am leichtesten wanderfähig, so wird sich ein vorherrschender Diffusionsstrom von Sauerstoffgas von außen nach innen in jeder Horizontalebene eines Stammes ergeben.

Weitere Beobachtungen über den Gasaustausch giebt Wiesner[1]). Derselbe zeigt, daß das Periderm, der Korküberzug, selbst bei großen Druckdifferenzen für Luft völlig undurchdringlich ist; der Austausch findet nur durch die auch im Winter durchlässigen Lenticellen statt. In gefäßlosem Holze erfolgt der Ausgleich durch die Membran hindurch, namentlich durch die zarte Tüpfelhaut, wobei neben der Effusion auch die Absorption durch colloidale Wände ins Spiel kommt. Bei gefäßreichen Holzkörpern ist außerdem noch die Transspiration und der Durchgang der Gase durch die als Capillaren fungirenden Gefäße zu berücksichtigen. Axial findet der Druckausgleich schneller statt, als in den Querrichtungen. Je stärker eine Parenchym- oder Holzzelle mit Wasser imbibirt ist, desto langsamer tritt Druckausgleich ein. Dieses Verhältniß kehrt sich bei der Peridermzelle um; wenn dieselbe ihren wässerigen Inhalt verliert, sich mit Luft füllt, und die Wand eintrocknet, verliert die Zelle die Durchlässigkeit für Gase. In luftführendem Parenchym strömt bei Druckausgleich ein Theil der Luft durch die Intercellulargänge, ein anderer geht durch die geschlossenen Membranen und zwar am leichtesten durch die unverdickt gebliebenen Stellen.

Außer an ausgewachsenen Pflanzen sind die Erstickungserscheinungen nennenswerth, welche Samen zeigen, falls ihr Gewebe lange Zeit gänzlich mit Wasser angefüllt ist. Bei der gewöhnlichen Quellung der Samen erlangt der Inhalt das zur Keimung nothwendige Wasser, ohne daß alle Luft aus den Zwischenräumen verdrängt wird; wenn man dagegen die Samen zu lange Zeit im Wasser hält, tritt Fäulniß ein, bei der sich häufig ein deutlicher Buttersäuregeruch, der das Sauerstoff fliehende Clostridium butyricum anzeigt, in

[1]) Wiesner: Versuche über den Ausgleich des Gasdruckes in den Geweben der Pflanzen. Sitz. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien am 17. April, cit. in Oesterr. Bot. Zeit. 1879, S. 202.

hohem Maße geltend macht. Ebenso zeigen die Versuche, wie z. B. die von Just[1]), daß eine gänzliche Anfüllung der Luft führenden Gewebe mit Wasser durch Auspumpen der Luft unter der Luftpumpe die Keimprozente außerordentlich verringert.

Im praktischen Betriebe kann der Fall eintreten, daß Samen durch Eintritt einer Ueberschwemmung lange Zeit unter Wasser bleiben, und es hat daher ein praktisches Interesse, zu wissen, wie lange die verschiedenen Samen wohl einen Aufenthalt im Wasser ohne Störung vertragen können. Es wird indeß schwer sein, jemals annähernd präcise Bestimmungen zu erhalten; weil, abgesehen von der bald seichten, bald tieferen Bedeckung mit Wasser, die Beschaffenheit der Samenschale, die Ausbildung der einzelnen Zellschichten, der Umstand, ob die Samen schon vorher einmal eine längere Zeit mit Wasser in Berührung gewesen und viele andere wechselnde Faktoren in jedem einzelnen Falle ausschlaggebend wirken. In den z. B. von Zöbl[2]) ausgeführten, praktischen Versuchen hatte Gerste schon nach 6, Roggen nach 9—10 Tagen die Keimkraft eingebüßt; dagegen keimten Rüben auch nach 69tägigem Aufenthalt in Wasser noch zu beinahe 50%. Zöbl fand, daß, wenn die aufgenommene Wassermenge des Samens eine gewisse Grenze überschreitet, die Keimfähigkeit abnimmt. Bei Gerste, Hafer und Weizen scheint diese Grenze einzutreten, wenn das aufgenommene Wasser etwa 50% des Samengewichtes beträgt, bei Roggen 75%, bei Mais, Mohn 35%, Rispenhirse 20%. Die Samen erleiden durch das lange Liegen in Wasser einen großen Substanzverlust, namentlich an Aschenbestandtheilen (Kali, Phosphorsäure, Magnesia); der Kalkgehalt wird aber erhöht.

Von 251 Samenarten, welche Thurel[3]) 13 Monate lang in Flaschen mit mehrmals erneuertem Meerwasser aufbewahrt hatte, hatten 16 Arten ihre Keimfähigkeit behalten; es befanden sich darunter die Sellerie (Apium graveolens), Liebesapfel (Lycopersicum esculentum), Luzerne (Medicago sativa), Endivie (Cichorium Endivia) und Runkelrübe (Beta vulgaris).

Bei naß aufeinander geschichteten Samen ist es nicht der Ueberschuß an Wasser, der die Keimkraft so schnell zerstört, sondern übermäßige Erwärmung und Kohlensäurebildung. Wiesner[4]) fand übrigens, daß die Kohlensäurebildung später als die Wärmeentwicklung auftritt; erstere kann also nicht die einzige Wärmequelle sein, sondern es ist eine solche auch in der Wasseraufnahme zu suchen. Die mit Wasser in Berührung kommenden Samen verdichten das in ihre Gewebe eintretende Wasser, wobei Wärme frei wird.

---

[1]) Bot. Zeit. 1880, S. 143.

[2]) Wie lange behalten die Pflanzensamen im Wasser ihre Keimfähigkeit? Wissenschaftl. prakt. Unters. v. Haberlandt, Bd. I.

[3]) Nach „Archives des sciences phys.", cit. in Biedermann's Centralbl. 1876, II, S. 154.

[4]) Landwirthsch. Versuchsstationen 1872, Nr. 2, S. 133 ff.

c) Wasser- und Nährstoff-Ueberschuß.

Bei Besprechung der durch Wasser- und Nährstoffmangel hervorgerufenen Erscheinungen ist bereits (S. 122) hervorgehoben worden, daß die Pflanzengeschlechter in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle ihre Substanz aus denselben Nährstoffen allenthalben aufbauen, daß also nur bei einer sehr geringen Anzahl vou Pflanzen einzelne bestimmte Stoffe für das Wachsthum unentbehrlich sein dürften, welche den anderen Pflanzen fehlen. Für alle unsere Kulturpflanzen hat der Satz Gültigkeit, daß die Qualität der Nährstoffe überall dieselbe ist und daß nur die Quantität für die Herstellung eines Grammes typischer Trockensubstanz großen, jedenfalls bestimmten Schwankungen unterworfen ist.

Gemäß den verschiedenen Mengenverhältnissen, in welchen die einzelnen Nährstoffe und übrigen Wachsthumsfaktoren bei der Herstellung von 1 g Trockensubstanz jeder Pflanzenspezies betheiligt sind, erscheinen auch die Ansprüche jeder Spezies an die Bodenlösung verschieden. Bei Pflanzen z. B., die zur Herstellung ihrer Substanz viel Kali- oder viel Stickstoff verlangen, wird der Wurzel eine hochprozentige Lösung erwünscht und nothwendig sein. Die Pflanzen sterben nicht, wenn ihnen die gewünschte, hohe Concentration nicht geboten wird, aber sie ändern ihren Wachsthumsmodus; sie beanspruchen dann, wie früher gezeigt worden ist, viel mehr Wasser, gleichsam als ob sie bestrebt wären, durch vermehrte Aufnahme der verdünnten Lösung das nöthige Quantum dennoch herbeizuschaffen. Trotz des vielen Wassers und der sonst gebotenen Stoffe ist die Gesammtproduktion eine ärmliche. Derselbe Effekt, aber mit umgekehrtem Wasserbedürfniß wird erzielt, wenn die Pflanzen in eine zu hoch concentrirte Bodenlösung gebracht werden. Die Wasseraufnahme ist relativ gering, die Aschenmenge aber groß und die Produktion eine kleine. Es kommt dann der Ueberschuß wohl zur Aufnahme, aber nicht zur Verwendung; die Mineralsubstanzen werden einfach im Pflanzenkörper abgelagert und sind vielfach mit Wasser auslaugbar. Bei Wasserkulturen in hohen Nährstoffconcentrationen kann man wahrnehmen, daß die kurzen, knorrigen Wurzelfasern mit krystallinischen Blättchen bisweilen bedeckt sind.

Nun ist für jede Spezies, ja sogar für jede Varietät der Pflanzen eine bestimmte Höhe anzunehmen, welche die Concentration der Lösung jedes einzelnen Nährstoffes nicht überschreiten darf, wenn das Wachsthum erhalten werden soll. Wir kennen bis jetzt nur für einige Pflanzen etwas genauer die Ansprüche, welche dieselben an die Bodenlösung stellen. Sehr hoch concentrirte Lösungen verlangen in Betreff des Stickstoffs, z. B. die Gemüsepflanzen aus der Gruppe der Kohlarten und Spinatpflanzen; ebenso beansprucht Weizen mehr Stickstoff wie Hafer und Gerste u. s. w. Geringe Concentrationen dagegen verlangen durchschnittlich die Ericaceen.

Neben diesem absoluten Bedürfniß aber wirkt bestimmend für die Ausbreitung sowohl der Kulturpflanzen als auch der wild vorkommenden Gewächse ihre Fähigkeit, hoch concentrirte Lösungen zu vertragen, ohne lebensgefährliche Störungen zu erleiden.

In einer Lokalität, die sich durch besondern Reichthum an einem Nährstoff auszeichnet, werden alle diejenigen Pflanzenarten das Uebergewicht erlangen, die im Stande sind, die hohe Concentration dieses Nährstoffes zu ertragen. Für die Vertheilung der Pflanzen im Freien sind 3 Stoffe besonders maßgebend, nämlich Stickstoff, Kalk und Kochsalz. So sehen wir, daß die Schutt- und Komposthaufen ihre besonders reichlich vertretenen, bestimmten Geschlechter zeigen und daß die Pflanzengeographie von Kalk- und Salzpflanzen ꝛc. besonders spricht.

Die Erscheinung der „Bodenstetigkeit“, also des constanten Auftretens gewisser Geschlechter in den durch Vorherrschen eines Bodenbestandtheils besonders charakterisirten Lokalitäten, ist von den Pflanzengeographen theils durch die chemische Bodenzusammensetzung allein oder doch hauptsächlich (Contejean)[1]) theils durch die physikalischen Eigenschaften allein zu erklären versucht worden (Thurmann).

H. Hoffmann[2]) spricht sich dahin aus, daß die sogenannten bodensteten Pflanzen ihre Anhänglichkeit an bestimmte Substrate nicht direkt deren chemischer Qualität, sondern der physikalischen im weitesten Sinne, namentlich der Erwärmbarkeit, Trockenheit, wasserhaltenden Kraft u. s. w. verdanken. „Die physikalischen Eigenschaften des Bodens können übrigens bis zu einem gewissen Grade von den chemischen bedingt sein.“ Die Kalkpflanzen der Floristen sind solche, die auf chemisch ganz verschieden beschaffenen, aber physikalisch ähnlichen, Trockenheit und leichte Erwärmbarkeit zeigenden Böden gedeihen. Hoffmann's Kulturversuche ergaben, daß auch die als „kalkfeindlich“ bezeichneten Pflanzen (Alchemilla fissa ꝛc.) auf Mörtel nach 6jähriger Kultur normale Samen brachten. Bei Moosen und Flechten scheint es nicht anders zu sein.

Ueber die verschieden große Anhäufung von Salpeter in den Pflanzen bei Düngung mit Kalisalpeter giebt Emmerling[3]) durch seine Versuche eine sehr acceptable Erklärung. Er zeigt nämlich, daß grade so, wie bei der Verwendung von salpetersaurem Kalk auch das Kaliumnitrat durch Oxalsäure selbst in sehr verdünnten Lösungen derartig zersetzt wird, daß oxalsaures Kali und

---

[1]) Contejean: Geographie botanique. Influence du Terrain sur la Végétation. Paris 1881, cit. Bot. Zeit., 1882, S. 300.

[2]) H. Hoffmann: Rückblick auf meine Variationsversuche von 1855—1880. Bot. Zeit., 1881. S. 428.

[3]) A. Emmerling: Beiträge zur Kenntniß der chemischen Vorgänge in der Pflanz II. Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. XXX, Heft 2, 1884, S. 109.

freie Salpetersäure entstehen, während Oxalsäure den kohlensauren Kalk nicht stark angreift, da sie denselben mit einer undurchdringlichen, dünnen Schicht von Calciumoxalat überzieht. Wenn nun im Verhältniß zur Quantität der Säurebildung, die in einer Pflanzenspezies möglich ist, sich sehr viel Salpeter im Boden findet, so wird derselbe zwar aufgenommen, aber nur im Verhältniß der vorhandenen Oxalsäure zersetzt und die freie Salpetersäure zur Bildung der Eiweißstoffe Verwendung finden; der übrige Salpeter häuft sich unzerlegt in der Pflanze an.

Die Salzpflanzen gedeihen auch in gewöhnlichem Boden ohne Salzzusatz durch mehrere Generationen (Salicornia herb. Triglochin maritimum, Plantago maritima, Lepigonum medium und marginatum, Cakile maritima, Armeria elongata, Glaux maritima, Salsola Kali).

Von den submersen Meerpflanzen gedeihen nach Hoffmann auch viele in süßem Wasser (Charen und Diatomaceen), ja selbst Fucus vesiculosus ist noch im Süßwasser lebensfähig und spontan vertreten (bei Magdeburg, in Schleswig).

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, daß das Kochsalz kein Nährstoff für die Salzpflanzen ist, also an der Menge der producirten Substanz nicht einflußgebend mitwirkt. Das geht auch daraus hervor, daß das Salz der Seepflanzen ausgelaugt werden kann. Aber die Qualität der Substanz wird sicherlich durch diese Einlagerung geändert. So schreibt man dem Einfluß des Salzes allgemein die eigenthümliche, fleischig-saftige Beschaffenheit (Succulenz) der Salzpflanzen zu. Hoffmann hat zwar bei seinen Kulturen mit Plantago maritima und alpina, sowie mit Lepigonum medium [1]) und Atriplex latifolia diese Ansicht nicht bestätigen können; wenigstens ergaben mehrjährige Kulturen bei künstlichem Zusatz von Chlornatrium nirgend eine Succulenz; indeß hat Batalin, wenn wir nicht irren, darin bestätigende Resultate erhalten. Wenn es sich übrigens um Urbarmachung salzreicher Ländereien handelt, so dürfte auf ein Beispiel hinzuweisen sein, welches von Joannon [2]) gegeben worden ist. Derselbe berichtet über Erfolge durch Dräniren eines begrenzten Flächenstückes und darauf folgendes mehrmonatliches Ueberwässern, wobei das ganze Land unter Wasser gestellt wurde.

Wie leicht Kochsalz für Pflanzen, die nicht salzhaltigen Boden lieben, nachtheilig wirken kann, fand Neßler [3]), der das Keimen der Hanfsamen schon bei 0,25 % Kochsalzlösung irritirt sah. Eine halbprozentige Kochsalzlösung schädigte auch Raps- und Kleesamen, während bei Weizen eine nachtheilige Wirkung erst bei höherer Concentration auftrat.

---

[1]) Kulturversuche über Variation. Bot. Zeit., 1883, Nr. 18. S. 296.
[2]) Comptes rend. LXXXI, S. 810.
[3]) Wochenbl. d. landw. Vereins d. Großherz. Baden, 1877, S. 41.

Bei den Zinkpflanzen ist der Einfluß des Zinkgehaltes des Bodens vielleicht nicht die Ursache einer „Forma calaminaria" von Viola lutea und Thlaspi alpestre, da das Zinkveilchen auch ohne Zink gedeiht, indeß wird der Wachsthumsmodus jedenfalls durch das Zink geändert werden.

Ebenso ist durch Wasserkulturen nachgewiesen worden, daß die Getreidearten, welche, sobald sie im Erdboden kultivirt werden, viel Kieselsäure in ihrem Gewebe haben, ganz gut sich ohne Kieselsäurezufuhr entwickeln können. Wahrscheinlich ist dies auch bei den durch enorme Kieselsäureablagerung ausgezeichneten Schachtelhalmen der Fall, so daß man auch hier schließen kann, die Kieselsäure ist für die Pflanzen (mindestens für unsere Kulturpflanzen) kein Nährstoff; aber sie wird schadlos vertragen und übt einen festigenden Einfluß auf das Gewebe.

Ueber den Einfluß der Kieselsäure liegen neuere Untersuchungen [1]) vor, welche zunächst sich auf die Haferpflanze beziehen, aber wohl für alle Gramineen Gültigkeit haben dürften. Es geht daraus hervor, daß die Beigabe von Kieselsäure zu dem Nährstoffgemisch das Wachsthum indirekt (aber nicht direkt als Pflanzennährstoff) zu fördern im Stande ist. Es wird, wie es scheint, eine bessere Ausnutzung der eigentlichen Nährstoffe, besonders aber eine vollkommene Ausbildung der Körner mehr gesichert, indem durch lebhaftere Strömung des Baumaterials nach der Blüthezeit zu den Fruchtknoten hin das Ausreifen gleichmäßiger und rechtzeitig stattfindet.

Was von diesen hauptsächlichsten Bodenbestandtheilen gilt, wird auch für die übrigen, gelegentlich in Pflanzen angetroffenen Substanzen, wie Arsen, Blei, Kupfer, Lithium, Rubidium ꝛc. seine Gültigkeit haben. Die Pflanzen brauchen die Stoffe nicht; sie besitzen aber die Fähigkeit, dieselben zu ertragen, wenn sie gezwungen sind, dieselben aufzunehmen. Solcher Zwang liegt, da die Wurzeln kein Wahlvermögen bei ihrer Stoffaufnahme haben, wahrscheinlich darin, daß sie aus einer Verbindung die Säure zu ihrem Aufbau brauchen, daher das gelöste Salz auffaugen und die unnütze Basis ablagern. Ob das in den Meerpflanzen gespeicherte Jod und Brom vielleicht eine Ausnahme machen und wirklich nothwendige Nährstoffe sind, müssen erst Kulturversuche erweisen.

Für unsere Kulturpflanzen gilt sicher das Gesetz, daß sie alle dasselbe Nährmaterial beanspruchen, aber in verschiedener Concentration, und daß auch ihre Fähigkeit, Anhäufungen einzelner Stoffe zu ertragen, ausschlaggebend für das Gelingen der Kulturen ist. Dabei ist nicht zu vergessen, daß weder die absolute Menge eines Nährstoffes, welche überhaupt schadlos ertragen werden kann, noch auch diejenige Quantität eines Nährstoffes, welche sich als die für die Produktion beste (optimale) erweist, für eine bestimmte Pflanze absolut fest-

---

[1]) Kreuzhage und E. Wolff: Bedeutung der Kieselsäure für die Entwicklung der Haferpflanze. Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. XXX, Heft 3, 1884.

stehende Größen darstellen. Vielmehr ist anzunehmen, daß je nach der Combination, in welcher die übrigen Vegetationsbedingungen augenblicklich vorhanden sind, das Bedürfniß nach jedem Nährstoff sich ändert. **Daher giebt es immer nur relative Optima und Maxima für jeden Vegetationsfaktor.**

Wählen wir als bestimmtes Beispiel den Kalk, so würde für diesen gelten, daß die Menge, die sich als absolut hinreichend erweisen würde, um eine Pflanze bei diffusem Lichte zur größtmöglichen Produktion zu bringen, nicht hinreichend wäre, wenn dieselbe Pflanze in direkter Besonnung erzogen würde. Alle übrigen Vegetationsfaktoren als gleich vorausgesetzt, würde die Erhöhung der Lichtmenge eine Erhöhung des Kalkbedürfnisses involviren; mit der Steigerung des Lichtes, steigert sich das Optimum der Kalkaufnahme und ebenso rückt das Maximum, also die Fähigkeit, noch hohe Concentrationen zu vertragen, dann hinaus.

Ebenso maßgebend, wie die Größe jedes der andern Vegetationsfaktoren für die Kalkaufnahme ist, erscheint auch die augenblickliche Entwicklungsphase von Einfluß. Der Jugendzustand beansprucht große Mineralstoffaufnahme; das Optimum für den Kalk ist also ein sehr hohes; es fällt dagegen zur Zeit der Blüthe. Was von den Nährstoffen gilt, bezieht sich ebenso auf die Imponderabilien. Das Samenkorn bedarf zu seiner Herstellung einer hohen Wärmesumme; das Optimum der Wärme liegt in dieser Lebensphase der Pflanze sehr hoch. Zur Keimung braucht dieses selbige Samenkorn nur sehr geringe Wärmemengen, und die bei seiner Herstellung optimale Temperatur würde bei der Keimung sich schon der Maximalgrenze des überhaupt Ertragbaren nähern können.

So sehen wir, daß wir nirgend mit absoluten Werthen im Reiche der Organismen zu thun haben, sondern stets mit innerhalb einer weiten Skala veränderlichen Größen, die abhängig von der Menge der andern Faktoren sind.

Je nach der augenblicklichen Combination der Vegetationsfaktoren ändert sich der Produktionsmodus und das Produkt, nämlich der **Pflanzenleib**; daher ergiebt die morphologische, anatomische und chemische Analyse für jedes Individuum andere Werthe. Das Beständige, den Arten Charakteristische, dürften die Grenzwerthe in der Skala sein, in der bei verschiedenen Combinationen der andern Wachsthumsfaktoren das Optimum, Minimum und Maximum jedes einzelnen Faktors schwanken. Es hat jede Art bei jeder bestimmten Zusammenstellung der andern Vegetationsbedingungen eine Grenze für jeden einzelnen Faktor, welche nicht ohne Gefährdung des Lebens überschritten werden darf. Diese Grenze ist auch kein fester Punkt, sondern sie liegt, je nach der Combination der andern Faktoren bald tiefer, bald höher. Also alle Grenzwerthe schwanken innerhalb einer gewissen Skala. Diese Schwankungsskala selbst wird sich für jede Spezies und Varietät jedoch innerhalb gewisser Grenzen bewegen, welche charakteristisch für diese sind.

Je höher also z. B. bei einer Pflanze ihre Aufnahmefähigkeit für Kalk ist, um so mehr wird sie auf solchen Terrains sich halten, die den Pflanzen

eine große Kalkeinlagerung aufzwingen. Daß eine Pflanze gewisse Grenzwerthe für Kalk z. B. besitzt, dürfte aus den Analysen hervorgehen, welche eine gewisse Uebereinstimmung in den Prozentsätzen der Asche an Kalk bei denselben Pflanzen von verschiedenen Bodenarten erkennen lassen. Fliche und Grandau[1]) untersuchten im Herbste beim Vegetationsabschluß die oberirdischen Achsen von Goldregen, Stechginster, Besenstrauch und Akazie auf Stickstoff und Asche und fanden in der Trockensubstanz:

	Cytisus Laburnum von Kieselboden	Cytisus Laburnum von Kalkboden	Ulex europ.	Sarothamnus vulg.	Robinia Pseudacacia
Asche	1,185	1,390	2,370	2,190	2,240
Stickstoff	0,99	1,04	1,39	1,26	0,81
In der Asche:					
Phosphorsäure	16,74	11,57	7,86	13,85	9,21
Kalk	27,15	29,23	25,97	25,03	58,99
Magnesia	17,76	12,31	10,71	10,48	3,16
Kali	23,77	24,50	28,81	33,06	18,27
Schwefelsäure	4,52	3,73	5,24	5,59	3,45
Kieselerde	3,96	3,24	11,05	7,10	1,89

Die Verf. bemerken, daß Ulex nur auf Kieselboden fruktifizirt und daß auch Sarothamnus auf Kieselboden sehr verbreitet, während Robinia und Cytisus sowohl auf Kiesel- als auch auf Kalkboden schöne Dimensionen annehmen.

Der Vergleich vorstehender Zahlen läßt bei allen Pflanzen den Antagonismus zwischen den Kalk- und Kalimengen und einen annähernden Parallelismus zwischen Kali und Kieselsäure erkennen, was vielleicht durch die Aufnahmeform erklärbar ist.

Bei dem Goldregen sehen wir trotz der Verschiedenartigkeit der Böden einen ziemlich gleichen Kalk- und Kaligehalt und schließen daraus, daß beide Stoffe im Boden so reichlich vorhanden, daß das Bedürfniß des Goldregens, das durch andere Faktoren geregelt worden, vollkommen befriedigt werden konnte. Vergleichen wir damit den hohen Prozentsatz der Asche an Kalk bei Robinia, die, wie die übrigen 3 Pflanzen auch auf kieseligem Boden gewachsen war, dann werden wir schließen müssen, daß die Pflanze viel Kalk braucht und vertragen kann. Es dürfte somit das verschiedene Mineralstoffbedürfniß jeder Spezies zur Herstellung von 1 g Trockensubstanz bei gleichen Bodenverhältnissen deutlich gemacht sein. Die Pflanzen sterben nicht, wenn sie mehr oder weniger von einem Nährstoff aufnehmen müssen, aber das Gramm der produzirten Trockensubstanz erhält einen andern Aufbau; es ändert sich der Pflanzenleib mit jeder Aenderung irgend eines Vegetationsfaktors, und ebenso ändert sich damit die Produktionsenergie.

---

[1]) Chemische Untersuchungen über holzartige Papilionaceen. Nach Annales de chimie et physique Ser. V. t. 18 1879, cit. in Biedermann's Centralbl. 1880, S. 284.

Nach den Erfahrungen bei Topfkulturen kann ich mich der Anschauung nicht verschließen, daß in manchen Fällen die Bodenmüdigkeit von Nährstoffanhäufung kommen mag. Man bedenke, daß grade die höchstkultivirten Böden das Wachsthum einer bestimmten Kulturpflanze zurückdrücken, daß Düngerzufuhr unwirksam, eine längere Ruheperiode aber wirksam ist. Wenn irgend einer der Hauptnährstoffe in derjenigen Menge löslich im Boden sich vorfindet, daß er für die bisherige Kulturpflanze in zu concentrirter Bodenlösung geboten wird, dann kann neue Nährstoffzufuhr nur dann wirksam sein, wenn sie einen Theil des überschüssig vorhandenen Nährstoffes unlöslich macht. Andere Pflanzen können in solchem überfütterten Boden gedeihen, wenn sie im Stande sind, höhere Concentrationen zu ertragen. Bodenruhe kann dadurch wirksam werden, daß ein Theil der Nährstoffe allmählich aus der Krume in den Untergrund gespült wird.

Nur extreme Einflüsse werden schneller zum sichtbaren Ausdruck im Aufbau des Pflanzenleibes kommen, und wir werden mehrere Beispiele dafür erbringen können; aber daß auch geringere Einflüsse auf den Aufbau und die Zusammensetzung der Substanz sich ändernd einwirken werden, ist mit aller Sicherheit anzunehmen. Daraus erklärt sich das verschiedene Verhalten der einzelnen Individuen derselben Art gegenüber den von außen einwirkenden Krankheitsursachen.

Geilstellen.

Das bekannteste Beispiel für Nährstoffüberschuß geben die Wiesenpflanzen der Geilstellen. Es tritt durch das Harnlassen der Thiere eine vorzugsweis reiche Stickstoffdüngung ein und dieselbe macht sich durch üppigere Laubentfaltung geltend. Die Pflanzen haben nach Weiske[1]) nahezu doppelt so viel Proteïnsubstanzen, aber etwa $1/4$ weniger von stickstofffreien Stoffen als die daneben stehenden, nicht überdüngten Pflanzen. Demgemäß fanden sich in der Asche der Ersteren mehr Alkalien, Magnesia und Schwefelsäure. Die Pflanzen solcher Geilstellen bleiben trotz ihres größeren Volumens in einem zu jugendlichen Zustande und würden bei großer Ausdehnung solcher überdüngter Stellen mehr Schaden als Nutzen gewähren.

Wenn solche durch zu starke Düngung in der Entwicklung ihrer vegetativen Organe gesteigerte Pflanzen Zeit gewinnen, vollkommen auszureifen, wenn also ihre ganze Entwicklung noch in die für sie günstigste Jahreszeit fällt und die Wirkung des Düngers eine schnell vorübergehende war, können sie eine einträgliche, gute Ernte liefern. In der Regel aber wird durch die übermäßige Laubentwicklung der Zeitraum ausgefüllt, wo die Beleuchtung und Erwärmung noch intensiv genug sind, um eine normale Ruheperiode in der Stoffaufnahme eintreten zu lassen, in welcher die Stoffverarbeitung und Wan-

---

[1]) Annalen d. Landwirthsch. 1871. Wochenblatt, S. 310.

derung nach den angelegten Reservestoffbehältern (Samen, Knollen ꝛc.) vor sich geht. Die Folge ist die mangelhafte oder gänzlich unterbleibende Entwicklung dieser Organe. In dieser üppigen Entwicklung des Laubkörpers liegt ein Grund für die Unfruchtbarkeit der Obstpflanzen. Namentlich macht sich dies bemerklich bei Erdbeeren, die lange Zeit gut getragen und dann plötzlich in sehr stark gedüngtes Land gesetzt werden.[1]) Wenn die Kultur aber im Glauben auf unbegrenzte Ertragssteigerung zu übermäßiger Düngung hinneigt, so kann dieselbe (wie z. B. bei dem Kartoffelbau) leicht zu Krankheiten disponiren. Etwas anderes ist es, wenn in der möglichst üppigen und zarten Entfaltung des Laubkörpers der Kulturzweck liegt, wie bei dem Anbau der Kohlgewächse. Hier wird starke frische Düngung am Orte sein, während bei den Kartoffeln fortwährende Bildung beblätterter Sprosse und kein Knollenansatz die Folge sein würde.

Veränderung der Wiesen.

Eine günstige Folge erhöhter Nährstoffconcentration ist das Auftreten guter Gräser auf sauren oder moosigen Wiesen nach Mineral- und Stallmistdüngung. Eine der wichtigsten Arbeiten ist die von Lawes und Gilbert[2]) gelieferte über permanente Wiesen. Wir greifen aus dieser Arbeit die Tabellen heraus, welche die Veränderung der Pflanzenarten durch verschiedene Düngmittel darstellen. Das Prozentgewicht in der Zusammensetzung des Wiesenheues betrug:

Bezeichnung der Familien	ohne Düngung	Ammoniaksalze allein	Mineraldünger[3]) allein	Mineral- und Ammoniakdüngung	Mineral- und dopp. Ammoniakdüngung	Stallmist allein	Stallmist mit Ammoniakdüngung
Jahrg. 1858 (2. Jahr des Versuchs)							
Gramineae							
Stengel	50,25	35,91	42,18	72,66	65,08	69,76	64,62
Blätter	25,85	53,20	29,64	24,72	32,27	17,91	15,05
Leguminosae	5,12	2,20	22,89	—	—	3,70	1,78
Accessorische Pflanzen	15,73	6,14	1,71	1,85	1,67	7,05	16,13
Unbestimmte Pflanzen	3,05	2,55	3,58	0,77	0,98	1,58	2,12

[1]) Oberdieck in der „Monatsschrift für Pomologie“ 1863, S. 280.

[2]) Nach „Journal of the Royal agric. Soc. of England“ und „Proceedings of the Royal Hort. Soc. 1870, cit. in Biederm. Centralbl. 1876, II., S. 405.

[3]) Unter Mineraldüngung verstehen d. Verf. eine Mischung von Superphosphat mit schwefelsaurem Kali, schwefelsaurem Natron und schwefelsaurer Magnesia.

Bezeichnung der Familien	ohne Düngung	Ammoniaksalze allein	Mineraldünger allein	Mineral- und Ammoniakdüngung	Mineral- und dopp. Ammoniakdüngung	Stallmist allein	Stallmist mit Ammoniakdüngung
1862 (7. Jahr des Versuchs).							
Gramineae	67,99	83,75	62,30	83,88	86,60	68,21	79,30
Blüthen u. Körner v. Gramineae	5,10	4,59	4,10	5,78	3,81	10,86	10,28
Leguminosae	6,89	0,15	24,09	0,12	—	1,72	0,21
Accessorische Pflanzen	19,02	11,51	9,51	10,22	9,59	19,21	10,21

Um einen Begriff zu haben, wie die einzelnen Grasspezies in denjenigen Nährlösungen, von denen sie eine höhere Concentration als andere vertragen, an Uebergewicht gewinnen, sei hier der Prozentsatz, den einige Spezies in 100 Pflanzen Heu darstellen, gegeben.

Festuca duriuscula	13,04	21,42	12,0	2,98	0,79	0,22	0,19
Agrostis vulgaris	8,62	21,29	2,76	11,55	9,15	1,38	0,78
Lolium perenne	8,62	3,39	3,03	11,89	8,60	2,59	2,73
Holcus lanatus	4,97	9,68	4,86	11,06	8,82	2,17	2,01
Dactylis glomerata	1,76	2,27	2,79	5,04	23,58	4,85	16,86
Poa trivialis	1,50	1,61	5,77	12,00	15,47	27,43	29,34
Bromus mollis	0,08	0,15	0,63	2,21	0,93	9,64	12,53
Anthoxanthum odoratum	3,29	2,41	0,80	0,49	0,10	0,19	0,06

Unter den „accessorischen Pflanzen" befinden sich Plantago lanceolata, Achillea millefolium, Taraxacum officinalis, Carum Carvi, Pimpinella Saxifraga, Ranunculus bulbosus und acris, Rumex acetosa in wechselnden Prozentsätzen auf allen Versuchsparzellen; Hypnum dagegen ist nur auf ungedüngtem und mit Mineralstoffen allein versehenem Acker anzutreffen; Luzula campestris und Veronica Chamaedrys finden sich auf allen Parzellen mit Ausnahme derjenigen, wo übermäßige Stickstoffdüngung gegeben' also bei den Mineralstoffen mit doppelter und bei Stalldung mit einfacher Ammoniakgabe.

Am meisten in die Augen springend aber bleibt die oben gegebene Gräsertabelle; hier sehen wir, wie die auf sterilem Sandboden schnell sich ausbreitende Festuca duriuscula verschwindet, wenn die Concentration der Stickstofflösung nnd gleichzeitig die der Mineralsubstanzen zunimmt; dasselbe Verhalten zeigen Agrostis vulgaris und Anthoxanthum odoratum, während umgekehrt die Mastpflanzen unserer Rieselwiesen, Dactylis glomerata und Poa trivialis, in den

5 Versuchsjahren sich immer reichlicher auf den stark mit Stickstoff gedüngten Parzellen ansiedeln und die andern verdrängen. Das Gras der Dorfstraßen, Bromus mollis, betheiligt sich in hohen Prozentsätzen nur dort, wo Stallmistdüngung stattgefunden hat, während Lolium perenne und Holcus lanatus zwar überall vorkommen, aber da, wo reiche Stallmistdüngung ist, nur wenig sich ausbreiten.

Von den übrigen, interessanten Beobachtungen der Verfasser mag noch angeführt werden, daß die Wiesenparzelle, welche ungedüngt geblieben war, eine große Mannigfaltigkeit in den darauf vegetirenden Familien und Arten zeigte. Das Gras war kurz, stengellos und bei der Schnittperiode verhältnißmäßig sehr grün; was auf die, auch im Experiment bei Sandkulturen sich zeigende, verlängerte Vegetationsperiode bei Wasser- und Nährstoffmangel hinweist.

Bei Mineraldünger gewinnen die Leguminosen die Oberhand; bei den Gramineen, die übrigens nicht eine besonders vorherrschende Gattung erkennen lassen, ist die Neigung zur Blüthenentwicklung mehr ausgesprochen, als im ungedüngten Lande. Umgekehrt schließen die ohne andere Beidüngung verabreichten Ammonsalze die Leguminosen fast gänzlich aus und die Gramineen werden herrschender, Festuca und Agrostis erreichen ihren höchsten Prozentsatz; üppig gedeihen Rumex, Carvum und Achillea.

Wenn Chilisalpeter allein angewendet wurde, zeigte sich im Allgemeinen derselbe Effect, wie bei den Ammonsalzen; indeß war bei den Gräsern besonders Alopecurus pratensis vorherrschend; bemerklich wurde eine überwiegende Neigung zur Blattproduktion gegenüber der Entwicklung der Blüthenstengel. Neben den sich etwas besser entwickelnden Leguminosen findet sich eine üppige Entfaltung der wenig nützlichen Plantago, Centaurea, Ranunculus und Taraxacum.

Die höchsten Erträge und beste Entwicklung der Gräser finden sich bei Stallmist mit stickstoffhaltigem Beidünger. Die Leguminosen und andere Pflanzen werden von den leichter als bei alleiniger Stickstoffzufuhr reifenden Gräsern überwuchert und verschwinden. Der Stalldünger allein, der auch eine beträchtliche Ernte liefert, bei der namentlich Bromus mollis und Poa trivialis, weniger aber die Schmetterlingsblüthler betheiligt sind, läßt an Feinheit und Gleichartigkeit des Heues zu wünschen übrig.

Vergleicht man diese Resultate mit dem Auftreten des M o o s e s, so findet sich, daß das Moos eben gar keine concentrirten Nährstofflösungen verträgt, oder mindestens keine hohe Concentration einzelner, noch näher zu erforschender Nährsalze. Daraus erklärt sich das Verschwinden des Mooses von Wiesen nach Kalidüngung. Dasselbe Verhältniß wird für den Schachtelhalm Gültigkeit haben, welcher nach Chlorcalciumlösung unbedingt verschwinden soll und deshalb wahrscheinlich gegen hohe Kalkconcentration besonders empfindlich zu sein scheint.

Drainzöpfe.

Ueberall, wo flachstreichende Drains sich durch das Wurzelwerk perennirender Pflanzen hinziehen, kann der Fall eintreten, daß eine Verstopfung der Drainstränge durch ungewöhnlich üppige Wurzelwucherung sich einstellt. Die peitschenförmig langen, sehr schlanken, verhältnißmäßig dünnen und strangartig aneinander gelegten Wurzeläste bilden auf diese Weise Zöpfe von 10 und mehr Meter Länge und einer Dicke, die durch die Weite der Röhren gegeben ist. Der gefährlichste Baum scheint die Weide zu sein; denn von ihr dürften die meisten Drainzöpfe bekannt sein; indeß mag keine Pflanze von der Betheiligung ganz auszuschließen sein und Magnus[1]) fand beispielsweise einmal sehr üppig vegetirend das Rhizon vom Schachtelhalm (Equisetum palustre L.) in einem solchen Zopfe. Cohn[2]) erhielt einen Drainzopf, der aus einer 125 cm tief gelegten Röhre stammte und ganz aus den Verzweigungen des Wurzelstockes eines einzigen Equisetum bestand, von dem ein 12 m langes Stück frei gelegt werden konnte.

Aber selbst, wenn die Drainstränge in ziemlicher Entfernung von Baumpflanzungen verlaufen, kann man beobachten, daß sich allmählich Zöpfe in den Röhren einstellen, so daß man zu der Ansicht kommt, die Wurzeln suchen gradezu die Drainröhren auf. Diese Ansicht hat darum nichts Auffallendes, weil der Wurzelapparat thatsächlich mit der Eigenschaft begabt ist, der Feuchtigkeitsquelle sich zuzuwenden. Die Untersuchungen von de Vries[3]) haben nämlich ergeben, daß die Wurzeln bei Wasserzufuhr dicker und kürzer werden, so lange sie noch nicht zu alt sind. Diese Veränderung wird durch die Parenchymzellen hervorgerufen, welche in überwiegender Menge da sind und die äußere Rinde sowie das centrale Holz zusammendrücken wobei sie die Korkrinde in Querrunzeln legen. Diese Rindenparenchymzellen, namentlich die cambialen, werden durch den steigenden Turgor in der Querrichtung verlängert, in der Längsrichtung verkürzt. Bei dem Welken verlängern sich die contractilen Wurzeln, während wachsende Wurzelspitzen oder Stengel sich dabei verkürzen.

Wenn einseitig auf eine Wurzel ein größerer Feuchtigkeitsgrad sich geltend macht, wird demgemäß einseitig die Verkürzung der Wurzel, also eine Krümmung nach der Feuchtigkeitsquelle hin eintreten. Mithin erklärt sich die Thatsache, daß die Wurzeln nach den Drains hinwachsen und zwischen den Verbindungsstellen der einzelnen Röhrenstücke in das Röhrensystem hinein gelangen. Daß sie dort sich so enorm ausbreiten und vermehren, liegt in den günstigen Ernährungsverhältnissen, die sie in den laufenden Drains finden. Die mühsam und langsam im Boden sich durchwindenden Wurzeln gelangen plötzlich in einen

[1]) Sitzungsber. d. Bot. Vereins vom 26. Mai 1876, Bd. XVIII, S. 72.

[2]) Verh. d. schles. Gesellsch. f. vaterl. Kultur, 25. Oktober 1883.

[3]) Ueber Verkürzung pflanzlicher Zellen durch Aufnahme von Wasser. Bot. Zeit. 1879, Nr. 41.

Raum, in welchem sie keine Widerstände zu überwinden haben und fortwährend von einer Nährlösung umspült werden.

Durch die Versuche von Müller-Thurgau, der einzelne Wurzeläste derselben Pflanze theils in Nährlösung, theils in destillirtes Wasser tauchen ließ und in Ersterer jedesmal ein stärkeres Wachsthum wahrnahm, ist constatirt, daß eine lokale Wachsthumssteigerung der Wurzel dort angeregt werden kann, wo dieselbe mit Nährstoffen bereicherte Lokalitäten trifft. In der Praxis sieht man häufig Reste von verrottetem Pferdedung von Wurzelnestern ganz durchsponnen, während die nährstoffärmere Umgebung auch wurzelärmer bleibt. Es bleibt hierbei unentschieden, ob die Wurzeln im Stande sind, an Ort und Stelle ihrer Vermehrung aus dem aufgenommenen Rohmaterial neue organische Substanz für ihre reiche Entwicklung zu fabriciren, oder ob sie, was wahrscheinlicher ist, nur durch die erhöhte Aufnahme des Rohmaterials einen verstärkten Zug von oben her auf das in den Blättern bereitete, bereits organisirte Material ausüben.

Praktisch empfehlenswerth wird bei wiederholtem Auftreten von Drainzöpfen das sorgfältige Entfernen der gefahrbringenden Gehölze mit ihren Wurzeln, und zwar durch Ausroden und nicht durch Abhauen. Müssen Bäume stehen bleiben, so ist (namentlich bei Doppeldrainage) die Vertiefung der flach (in der Regel zwischen 80—90 cm) gelegenen Stränge auf das Niveau des tieferen (1,5 m) laufenden Strangsystems rathsam.

Ueberdüngte Rüben.

Ein spezieller Fall der bei unsern Kulturen sich bereits geltend machenden Uebelstände zu hoch concentrirter Bodenlösung ist das Herabgehen des Zuckergehaltes bei den Runkelrüben in Folge starker Stickstoffdüngung. Die Thatsache ist sowohl durch praktische Erfahrungen im Großen, als auch durch mehrfache Versuche derart sicher gestellt, daß an einzelnen Orten die Besitzer der Zuckerfabriken ihren Rübenlieferanten nicht nur ausgesuchtes Saatgut liefern, sondern auch speziell die Anwendung überreicher Stickstoffdüngung verbieten.

Im Punkte der Düngung tritt zwischen Produzenten und Consumenten eine Interessendifferenz ein; denn stickstoffreicher, humushaltiger Boden bringt unzweifelhaft die höchsten Quantitäten an Rübensubstanz, wenn auch Versuche [1]) gezeigt haben, daß man bei Mineraldüngung in humusfreiem Boden auch Rüben von normaler Durchschnittsgröße ziehen kann, bei denen ein Zuckergehalt bis 18 % festgestellt werden konnte. Um ein Beispiel aus den zahlreich vorliegenden Resultaten [2]) zu geben, sei die Analyse dreier Rüben von

[1]) Fremy und Déhérain: Recherches sur les betteraves à sucre. Compt. rend. LXXX. 1875, S. 778.

[2]) s. Biedermann's Centralbl. f. Agrik.-Chemie., Bd. X, S. 284, 331, 414.

Pagnoul[1]) gegeben, von denen die erste (H) mit einer Lösung von Natronsalpeter, die zweite (J) mit schwefelsaurem Ammon mehrmals begossen wurden, während die dritte (K) eine gleichzeitig geerntete, normale Rübe darstellt. Es betrug

	H.	J.	K.
das Erntegewicht	4145	2670	785
Saftdichtigkeit	1,026	1,040	1,046
Zuckerprozent der Rübensubstanz	3,9	6,3	8,3
Kohlensäure und Chloralkalien auf 100 Theile Rübensubstanz	1,991	0,924	0,814
es kommen davon auf 100 Zucker	28,0	14,6	9,8

Man sieht, daß die Erntequantität an Frischsubstanz durch die Stickstoffdüngung um 3,5 bis 5,0 mal so hoch geworden, als bei normaler Kultur, aber der Zuckergehalt auf die Hälfte gesunken ist.

Es wäre natürlich von großem Werthe, Mittel zu finden, welche die differenten Interessen der Produzenten und Fabrikanten vereinigen könnten, d. h. welche eine wesentliche Ertragssteigerung der Rübe ohne so großen Verlust an Zucker zuließen. In dieser Beziehung ist auf 2 Versuchsergebnisse, die bereits ebenfalls mehrfache Bestätigung gefunden, hinzuweisen. Es zeigt sich nämlich erstens, daß die Auswahl der Varietät und zweitens die Standweite der Pflanzen von großem Einflusse sind. Betreffs des ersten Punktes zeigten beispielsweise drei Rübensorten von einem ungedüngten, guten Boden 15,6, 12,4 und 10,65 % Zucker, während dieselben Varietäten auf demselben Felde aber auf einer mit 800 Kilo Chilisalpeter und 400—1000 Kilo Superphosphat pro Hektar gedüngten Parzelle nur 13,6, 9,7 und 8,8 % Zucker gaben.[2]) In Betreff der Standweite zeigt sich, daß eine mittlere Weite der Pflanzen (deren absolute Entfernungen für verschiedene Bodenarten verschieden sind) relativ höhere Zuckerprozente und geringere Aschengehalte ergiebt, als solche bei großer Entfernung der Rüben zu finden sind. Die Analysen von Lagrange[3]) ergeben nach Biedermann's Centralblatt in den mit schwefelsaurem Ammoniak erbaueten Rüben einen doppelt so großen Ammoniakgehalt (nach den Resultaten der Destillation des Saftes über Kali), als in den mit Natronsalpeter gedüngten Exemplaren.

Aus einem Ueberblick der zahlreichen Anbauversuche scheint mir folgendes Resultat sich zu ergeben. In allen Fällen drückt die übermäßige Stickstoffdüngung den Zuckergehalt herab. Wie weit aber derselbe herabgedrückt wird, hängt von der Saatzeit, der Varietät, der Witterung und der Form, in welcher der Dünger gegeben wird, bei gleicher Bodenbeschaffenheit ab, indem diese Faktoren in verschiedenem Maße die Reife der Rüben verzögern. Je leichter löslich der stickstoffhaltige Dünger und je früher derselbe gegeben,

[1]) Annales agronomiques 1876, S. 321.

[2]) Biedermann's Centralbl. 1876, Dezember-Heft, S. 418.

[3]) ibid. 1876, I, S. 258.

desto eher ist seine Wirkung, welche in großer Beförderung des Blattwachsthums sich immer kenntlich macht, innerhalb der Vegetationsperiode beendet. Wenn trockne Witterung den Reifeprozeß befördert, so kann häufig bei starker Stickstoffzufuhr eine zufriedenstellende Zuckerproduktion beobachtet werden. Tritt dagegen in den Monaten September und Oktober noch viel Regen ein, dann vermindert sich der Prozentgehalt an Zucker, und die Rüben erhalten ihren fortvegetirenden Laubkörper in steter Vermehrung. Dieser Mangel an Abschluß der Vegetation des Laubkörpers wird sich um so fühlbarer machen, je mehr der langsam sich zersetzende und in feuchten Herbsten noch zur Wirksamkeit gelangende Stallmist zur Anwendung gekommen ist.

In jedem einzelnen Falle muß der Landwirth erwägen, welche Mittel für seine besonderen Verhältnisse am passendsten erscheinen, um rechtzeitig im Jahre die Rüben zur Reife zu bringen. Eine Bestätigung dieser Anschauung ergeben die von Albert[1]) mit Hafer ausgeführten Düngungsversuche, aus denen hervorgeht, daß diejenigen Düngemittel, welche den Stickstoff als Eiweiß, Fibrin, Kreatin u. s. w. enthalten (Hornmehl und Blutmehl) die Reife um 14 Tagen verzögerten und sehr ungleichmäßig ausgereifte Pflanzen ergaben, während die schnell wirkenden Chilisalpeter und schwefelsaures Ammoniak die Pflanzen ebenso schnell zur Reife kommen ließen, wie auf den ohne Stickstoffzufuhr belassenen Parzellen. Wie sehr die Stickstoffzuhr in der Ernte sich wiederspiegelt, ergeben die Bestimmungen des Proteïngehaltes der Körner, welche auf sonst mit allen Nährstoffen versehenem Lande, aber ohne Stickstoffbeigabe 8,7 % Proteïn und 15,1 % Rohfaser besaßen, während die Parzellen mit Chilisalpeter Körner mit 11,2 % Proteïn und 12,1 % Rohfaser, die Parzelle mit Hornmehl sogar 13,6 % Proteïn und 11,8 % Rohfaser aufwiesen.

Ueberdüngtes Saatgut.

Die irrthümliche Anschauung, daß man durch reiche Düngung die Pflanzen zu unbegrenzter Vervollkommnung führen könne, hat das Bestreben erzeugt, dem Samen schon bei der Aussaat eine Nachhülfe durch Dünger zu geben. Man hat entweder den Weg des „Candirens“ der Samen, d. h. des Ueberziehens der einzelnen Samenkörner mit einer Nährstoffkruste gewählt, oder sich des Einquellens in mehr oder weniger hochconcentrirte Nährsalzlösungen bedient. Hierbei ließ sich denn alsbald die Erfahrung machen, daß solche Unterstützung theils nutzlos, theils schädlich ist.

Auch die früher erwähnten Düngungsversuche mit Rüben, welche von Fremy und Déhérain ausgeführt, liefern Erfahrungen über diesen Punkt. Es zeigte sich, daß schwefelsaures Ammoniak und die Kalisalze einen schädlichen Einfluß auf den Keimungsvorgang ausüben. Schon bei einer Concentration

[1]) Biedermann's Centralbl. 1876, S. 415.

von 2 ‰ sahen die Versuchsansteller die Keimung ganz ausbleiben. Mit Bohnen, Erbsen, Mais, Raps, Roggen und Weizen vorgenommene Einquellungsversuche von Tautphöus[1]) ergaben als Resultat, daß die in destillirtem Wasser eingequellten Samen am besten keimten und daß die Keimfähigkeit um so mehr herabgedrückt wurde, je concentrirter die Salzlösungen (Chlorkalium, Chlornatrium, Natronsalpeter, schwefelsaures Kali, phosphorf. Kali und salpetrs. Kalk in Lösung von 0,5—5,0 %) wurden. Raps keimte in einer 2 % Lösung fast noch ebenso gut, wie in destillirtem Wasser, während die übrigen Samen schon in einer 0,5 % Lösung wesentliche Beeinträchtigung zeigten. Auffallenderweise war die Entwicklung der Keimpflänzchen aus 3 % Kochsalzlösung eine bedeutend üppigere, als aus destillirtem Wasser.

Fleischer[2]) berichtet über einen in Ostpreußen ausgeführten Saatdüngungsversuch mit Kainit und Superphosphat bei Kartoffeln, von denen ein bedeutender Prozentsatz nicht ausgetrieben hatte, sondern noch als unverändertes Saatgut zur Zeit der Ernte im Boden zu finden war. Die Analyse dieser Knollen ergab im Verhältniß zu den in den Wolff'schen Aschen-Analysen gegebenen Durchschnittswerthen einen mehr als doppelt so großen Gehalt an Reinasche; das Kali verhielt sich bei den nicht gekeimten wie 37 zu 22 auf tausend Theile Trockensubstanz bei den normalen. Während der Kalkgehalt fast gleich in den kranken und normalen Knollen war, erschien die Magnesia in Ersteren doppelt so groß, die Phosphorsäure fast doppelt so groß und der Chlorgehalt dreizehn Mal so hoch, als in den normalen Knollen. Auch die Schwefelsäure war auf das Vierfache in tausend Theilen Trockensubstanz gestiegen, so daß man sieht, daß grade die Bestandtheile des Kainit's (Kali, Natron, Magnesia, Schwefelsäure und Chlor) in der Asche der nicht gekeimten Knollen eine ungewöhnliche Zunahme erfahren haben. Im vorliegenden Falle war die Düngung im Frühjahr unmittelbar vor dem Legen der Kartoffeln erfolgt, statt daß nach Vorschrift der Kainit möglichst lange vor der Einsaat in den Boden gebracht worden wäre.

In den Fittbogen'schen Feldversuchen[3]) mit Hafer, der vor der Aussaat in Superphosphatbrei eingerührt worden war, zeigte die Parzelle mit candirtem Samen weniger Ertrag als die ungedüngte Parzelle. Wurde dagegen das Superphosphat mit Sägespänen verdünnt, ergab sich die höchste Ernte. Wahrscheinlich wirkt bei der direkten Berührung mit dem Superphosphat neben dem Phosphorsäurehydrat auch das nicht selten auftretende Schwefelsäurehydrat schädlich. Auch Brügmann[4]) berichtet über die schädliche Wirkung der mit

[1]) ibid. 1876, II, S. 117.

[2]) Beobachtungen über den schädlichen Einfluß der Kainit- und Superphosphatdüngung auf die Keimfähigkeit der Kartoffeln. Biedermann's Centralbl. 1880, S. 765.

[3]) Deutsche landwirthschaftl. Presse 1877, Nr. 81.

[4]) Hannover'sche landwirthsch. Zeit. 1881, Nr. 12.

Schwefelsäure aufgeschlossenen Düngmittel; die Wirkung war in trocknen Frühjahren recht ersichtlich und zwar sowohl bei Wiesen- als bei anderen Kulturpflanzen.

Bei Samen wird sich der schädliche Einfluß des „Candirens“ um so weniger geltend machen, je längere Zeit dieselben im Boden liegen müssen, bevor sie aufgehen; denn dann kann ein öfterer Regen das Dungsalz in den umgebenden Erdboden besser abspülen, wie schon bei älteren Versuchen in Salzmünde [1]) gefunden wurde.

Korkwucherungen.

Mit dem Worte „Wucherung“ sind wir in der Regel geneigt, pathologische Produktionen zu bezeichnen. Für die Korkbildungen wäre dies nicht zutreffend; denn abgesehen von jenen gleichmäßigen Korklagen, wie wir sie als Bekleidung der Rinde älterer Pflanzentheile und als Wundschluß auftreten sehen, finden wir auch thatsächlich wucherndes Korkgewebe, dessen Auftreten ganz normal und für die Oeconomie der Pflanze von höchster Wichtigkeit ist. Wir erinnern nur an jene auf der Kirsch- und Erlenrinde besonders scharf uns in's Auge fallenden, strichartigen Schwielen von bald brauner, bald weißer Farbe, die bei anhaltend feuchter Witterung mit mehlartig abwischbarem Pulver bedeckt erscheinen. Es sind dies die bei den meisten Holzpflanzen auftretenden und bei den Bäumen, welche ihre Rinde schuppig abstoßen, unter den alten Schuppen immer wieder neu entstehenden Lenticellen oder Rindenporen, welche den Luftaustausch für das Rindengewebe in den älteren Baumtheilen besorgen und meist dort entstehen, wo an der grünen, jungen Rinde die Spaltöffnungen saßen. Das weiße abwischbare Mehl, das bei feuchter Witterung besonders reich aus diesen Rindenporen heraustritt, ist eine besondere Art von Korkzellen (die Füllzellen), welche lange Cellulosereaktion zeigen, die im Innern aus einer Verjüngungsschicht immer neu erzeugt werden und durch ihre rundliche Gestalt und ihr Auseinanderweichen sich von dem gewöhnlichen Kork unterscheiden. So lange die Vegetationszeit währt, wird dies lockere Füllgewebe neu gebildet.

Im Winter, wo der Gasaustausch der ruhenden Rinde ein minimaler ist, sehen wir die Produktion des Füllgewebes sistirt, dadurch, daß sich eine Verschlußschicht aus ächten, tafelförmigen, zusammenhängenden Korkzellen im Herbste statt der Füllzellen aus der Verjüngungsschicht bildet. Wenn im Frühjahr die Vegetation erwacht, fängt die im Grunde der Lenticelle liegende Verjüngungsschicht [2]) wieder an, Reihen von Füllzellen zu bilden, zwischen denen radiale (unter dem Mikroskop schwarz aussehende) lufterfüllte Intercellularräume sofort die Lockerheit des Gewebes andeuten. Mit zunehmender Menge sprengen sie

---

[1]) Jahresbericht f. Agrikulturchemie 1863, S. 60.

[2]) Stahl: Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lenticellen. Bot. Zeit. 1873, Nr. 36 ff.

die Verschlußschicht, wie sie im ersten Jahre ihrer Entstehung die Epidermis gesprengt hatten, unter der sie entstanden.

Je feuchter die Luft, desto mehr treten die wasseranziehenden, sich streckenden Füllzellen über die Oberfläche der Rinde hervor. Dies sind Wucherungen normaler, in den Entwicklungstypus der Rinde gehörender Korkbildungen, die in gleicher Weise, wie an den Stämmen, auch an den Wurzeln zu finden sind. Allerdings fehlen bei einer Anzahl Pflanzen, und zwar vorzugsweise solcher, welche eine regelmäßige Ringelborkenabsonderung zeigen (Stahl), die Lenticellenbildungen; indeß zeigt dieser Fall nicht etwa an, daß ihr Vorkommen ein zufälliges oder abnormes wäre. Der Umstand ist nur so zu deuten, daß diejenigen Holzgewächse, welche eine lange dauernde, dicke, harte Schuppenborke besitzen, für ihr grünes Rindengewebe bestimmte Gasleitungskanäle haben müssen, während diejenigen Gewächse, die ihre alten Rindentheile schnell abwerfen, der neuen Rinde zeitig Gelegenheit geben, mit der ganzen Oberfläche ihres wenigschichtigen Periderms den Gasaustausch zu vermitteln.

An der Basis starker Blattstiele von Juglans regia, Sambucus nigra, Ailanthus glandulosa, Paulownia imperialis und anderen Bäumen lassen sich im Herbst den Lenticellen ganz ähnliche Gebilde beobachten; nur fehlt bei ihnen die Verjüngungsschicht (Stahl). Spätere Untersuchungen [1]) zeigten, daß nicht nur die Blattstielbasis, sondern bei manchen Pflanzen die Blattnerven der Unterseite (Ficus stipulata), ja schließlich auch die Blattflächen, Korkpolster entwickeln können.

Obgleich nun diese Korkbildung auf der Blattfläche eine fast ebenso verbreitete Erscheinung wie die auf den Blattstielen ist, mit welcher sie in Bau und Entwicklung sehr viel Uebereinstimmendes hat, so ist trotz der weiten Verbreitung doch in diesen Bildungen ein pathologisches Moment nicht zu verkennen.

Man kann bei diesen Korkwucherungen auf Blättern 2 Typen unterscheiden.[2]) Entweder liegt die Korkfläche mit ihren Theilungswänden und ihrem meist einschichtigen Phellogen parallel zur Blattfläche in gerader Ebene, und dann erheben sich die Korkpolster über die Blattfläche in Form von Schwielen ꝛc.; oder aber die Korkschicht und speziell ihr Phellogen liegt in Form einer uhrglasförmig eingesenkten, meist sich immer mehr vertiefenden Zone im Blattinnern. Manche Pflanzen haben beide Bildungen auf demselben Blatte. Gegenüber der Constanz, die sich in Betreff des Ortes ihrer Entstehung und ihrer Ausbildung bei dem Stengelkorke geltend macht, ist hier bei den Blattkorkwucherungen das Zufällige hervorzuheben. Abgesehen davon, daß die beiden vorerwähnten Typen auf demselben Blatte vorkommen können, giebt es auch zwischen beiden Typen

---

[1]) Poulsen: Om Korkdannelse paa Blade. Kjobenhavn 1875.

[2]) Bachmann: Ueber Korkwucherungen auf Blättern. Pringsheim's Jahrb. 1880, Bd. XII, Heft 2, S. 191.

noch Uebergänge; ja die Korkwucherungen können auf demselben Blatte in verschiedenen Schichten entstehen (meist beginnen sie in der subepidermalen Lage) und verschiedenen Entwicklungsgang haben (Bachmann).

Das äußere Aussehen dieser Korkbildungen auf Blättern, die bei Gymnospermen, Mono- und Dicotyledonen auftreten können, ist sehr verschieden. Bald sind es kleine Hügel, bald Korkplatten oder Streifen von größerer Ausdehnung; bisweilen führen die Korkwucherungen aber auch zur Bildung von Löchern, die das ganze Blatt durchbohren können (Ilex, Zamia, Ruscus, Camellia axillaris, Peperomia obtusifolia, Eucalyptus Gunni und Globulus etc.) Ueber die Durchlöcherung der Ilexblätter wird bei den Verwundungen der Blätter eingehend berichtet werden. Bei obigen Pflanzen wurden die Anfänge der Korkwucherungen, welche schließlich quer durch das Blatt gehende Hohlcylinder darstellen, in Form gelblicher Punkte gefunden. Bei Blättern mit großen Intercellularräumen geht der Korkbildung ein Wachsthum der Parenchymzellen vorher, derart, daß die Intercellularräume durch die Zellwandausstülpungen ausgefüllt werden. Wenn Zellen mit etwas dickeren Wandungen durch wiederholte Theilungen in Korkzellenreihen umgewandelt werden, so verlieren die Zellwände ihre ursprüngliche Dicke. Häufig erfahren auch die Korkzellen, wenn sie erst die Epidermis gesprengt haben, noch eine nachträgliche Streckung; die äußeren strecken sich zuerst.

Bei Zamia integrifolia sieht man braune, den Nerven parallel verlaufende Streifen auf den einzelnen Fiederchen, die später in diesen Streifen stückweise oder der ganzen Länge nach einreißen. Die Streifen sind Korkgewebe, die nicht etwa nach dem Zerreißen der Fiedern entstehen und also Wundkork darstellen, sondern sind schon im jüngeren Blatte angelegte Bildungen. Auf älteren Blättern von Dammara robusta sind die Unter- und mehr noch die Oberseite mit Korkwucherungen bedeckt, welche in der Regel klein und niedrig bleiben. Im Jugendzustande stellen sie kleine, rothe Flecken auf der grünen Blattfläche dar und werden später, wenn sie sich hügelartig erheben, braun; zuletzt finden in der Epidermis und den nächstfolgenden Korkschichten Aufreißungen statt. Bei Araucaria Cunninghami und seltener bei A. Bidwilli finden sich an älteren, vorjährigen Blättern kleine Korkhügel, die zu Leisten mit einander verschmelzen können. Bei Sciadopytis verticillata und Cryptomeria japonica treten an älteren Blättern auch bisweilen kleine Korkwärzchen auf; häufiger, aber meist nur auf der Unterseite, lassen sich solche Bildungen an den breiten Blättern der Sequoja sempervirens erkennen.

Von den Monocotylen zeigen Korkbildungen, die in das Blatt hineindringen: Clivia Gardeni Hook. und Clivia nobilis Lindl., Pandanus reflexus, Dichorisandra oxypetala, Vanilla planifolia, Billbergia iriaefolia u. A. Die beobachteten Korkwucherungen auf den Blättern finden sich nicht bei allen Exemplaren in gleicher Menge, nicht auf allen Blättern derselben Pflanze in gleicher Ausdehnung und nicht in allen Jahren in derselben Entwicklung. Man muß

daher schließen, daß bei diesen Bildungen eine gewisse Abhängigkeit von äußeren Umständen besteht. Zu diesen bedingenden, äußeren Ursachen möchte ich in erster Linie die Feuchtigkeit rechnen, welche eine Wachsthumsfähigkeit in Organen hervorruft, deren Entwicklung nahezu gänzlich vollendet ist, deren plasmatisches Baumaterial in der Zelle nur noch sparsam vorhanden ist. Dieser letzte Rest wird zur Korkzellenbildung verwendet, falls plötzlich eine größere Feuchtigkeitsperiode eintritt.

Unter solchen Umständen giebt es Fälle, bei denen die ganze Blattfläche ein einziges zusammenhängendes Korknetz darstellen kann. Das auffallendste Beispiel ist die „Korksucht" bei Ribes Grossularia. Sträucher an einer tiefgelegenen Stelle eines Proskauer Gartens zeigten manchmal vollkommen graublätterige Zweiggruppen. Die einzelnen Blätter waren entweder nur mit 2 flügelartig ausgebreiteten, querrissigen Korkpolstern bedeckt, welche zu beiden Seiten des Mittelnervs, zwischen diesem und den beiden Hauptnerven der anstoßenden Seitenlappen, das Blattfeld einnahmen, oder die Verkorkung hatte auch die Seitenfelder mit inselartig isolirten, verschiedenartig gruppirten und gerichteten, strichförmigen Erhebungen oder schon zusammengeflossenen, großen Polstern bedeckt. Der älteste Theil der Blätter, der Blattrand, war korkfrei oder nur mit äußerst feinen, zerstreueten, strichförmigen Anfängen besetzt. An den Früchten konnte nichts bemerkt werden; dieselben blieben aber an den ganzen Stöcken auffallend klein.

Das Mikroskop wies einen ganz ähnlichen Prozeß, wie bei den vorerwähnten Pflanzen nach. In erster Linie litt das Pallisadenparenchym, das sehr früh die Epidermis gesprengt hatte, und dessen Zellen sich an der Spitze dann verbreiterten. In ihnen und später auch in dem darunter liegenden Gewebe entstanden wirkliche, tafelförmige Korkzellen, welche sich zu flachstreichenden, dicken Borken anhäuften.

Ich gebe dem feuchten Standort und den Witterungsverhältnissen des Beobachtungsjahres die Hauptschuld. Im folgenden Jahre behielten die Stöcke normales Laub.

Blattauftreibung. (Intumescentia.)

Nicht zu verwechseln mit den eigentlichen Korkbildungen sind die „Auftreibungen". Es sind hügelartige, erst im Alter sich bräunende Erhabenheiten, die an verschiedenen Pflanzen zu finden sind. Bei Dracaena (angustifolia u. A.), Cassia (tomentosa), Acacia (semperflorens u. A.) sind derlei Erscheinungen nicht selten. Die Ursache liegt aber nicht in Korkbildung, sondern in der Streckung von Zellen des Blattparenchyms. Bald sind es die Pallisadenzellen (Acacia), bald auch noch tiefer liegende Schichten (Dracaena), die sich bis zur Schlauchform verlängern können und in extremeren Fällen durch Tangentialwände getheilt werden.

Besonders auffallend erschien mir die Bildung der „Auftreibungen" bei einer Cassia tomentosa (Taf. I, Fig. 4), die im Warmhause stand und ein gesundes Aussehen hatte. Im Januar 1879 zeigten die jungen Triebe Blätter, welche sich nicht ganz flach ausbreiteten, sondern die Fiederchen nach unten gekrümmt erscheinen ließen. Die Krümmung der Ränder gegeneinander war durch das gesteigerte Wachsthum der Oberseite der Fiederchen, auf welcher sich pustelartige Auftreibungen fanden, hervorgerufen. Je weniger Auftreibungen, desto flacher das Blattfiederchen und desto mehr finden sich die Erhabenheiten in der Nähe der Mittelrippe; wenn dieselben sehr reichlich und gleichmäßig über die ganze Fläche vertheilt sind, erscheint das Blatt fast blasig. Wirklich blasig kann man das Blatt darum nicht nennen, weil den Auftreibungen der Oberseite keine gleichgroße Vertiefung der Unterseite entspricht.

Die Auftreibung ist kegelförmig, anfangs mit derselben Färbung und matten Oberfläche versehen, wie das übrige Blatt; später wird die Spitze des Kegels heller, straffer und glänzender. Noch später wird die Spitze gelb, verbreitet sich, reißt (Fig. 4 ze) endlich auf, (wenn nicht vorher das ganze Fiederchen vergilbt), und die Auftreibung erscheint nun in der Mitte trichterförmig vertieft und gebräunt.

Die Ursache der Erscheinung ist das stellenweis bandartige Auswachsen des Pallisadenparenchyms (Fig. 4 p) der Blattoberseite, das an den normalen Stellen chlorophyllreich, dicht aneinander gelagert und nur nach dem Schwammparenchym (Fig. 4 s) hin mit schmalen, spaltenförmigen, lufterfüllten Intercellularräumen versehen erscheint.

Sobald die Anschwellung beginnt, fangen die Chlorophyllkörner an, von der Spitze der Zelle aus zu verschwinden und die Zellen verlängern sich derart, daß zuerst nur wenige die Streckung beginnen, allmählich aber die Umgebung der Ersteren mit in den Verlängerungsprozeß hineingezogen wird. In dem Maße, als die Verlängerung fortschreitet, wird immer mehr Chlorophyll gelöst, so daß schließlich die schlauchförmig gewordenen Pallisadenzellen fast ganz farblos oder mit wenigen, kleinen, gelblichen, im ganzen Zellraum zerstreueten Körnern versehen erscheinen. Mit der Verlängerung der Zellen, die die Epidermis in die Höhe stülpen, ist auch eine geringe Breitenzunahme verbunden, wodurch die Zellen seitlich sehr fest aneinander gepreßt erscheinen und nur nach dem Schwammparenchym hin noch schwache Intercellularräume zeigen. Sobald der Druck des sich vorwölbenden Gewebes die Epidermis (e) an der höchsten Stelle der Auftreibung entzwei gesprengt hat, (Fig. 4 z e) schwellen die nun frei gewordenen Enden des Pallisadenparenchyms keulig auf, (Fig. 4 k p) verdicken und bräunen mehr oder minder tief abwärts ihre Wandungen. An der Durchbruchsstelle und deren Umgebung bräunen sich auch die Epidermiszellen und fallen theilweis zusammen.

Derselbe Vorgang der Auftreibung kann auch auf der Unterseite des

Blattes eintreten; dabei werden die direkt unter der Epidermis liegenden, sonst etwa isodiametrischen Zellen des Schwammparenchyms auch lang cylindrisch. Diese Erhebungen mit ihren Haaren (h) sind aber seltener und stets schwächer.

In einzelnen Epidermiszellen, sowohl der Ober- als Unterseite des Blattes und auch in einzelnen der schlauchförmig ausgewachsenen Parenchymzellen zieht Glycerin vereinzelte große oder mehrere kleine Syrupkugeln zusammen. Kurze Zeit nach dem Aufreißen haben sich an der Wundstelle Pilze angesiedelt, die, soweit erkennbar, von kleinen, kugeligen, braunen Sporen stammten. In einigen Fällen sieht man die Epidemiszellen braun und etwas dickwandiger, bevor eine Auftreibung auseinandergesprengt ist.

Bei andern Cassien fand ich die Auftreibungen bisher nicht, dagegen sehr schön bei Acacia longifolia und microbotrya, und zwar sowohl bei gelbfleckigen, als auch bei noch gleichmäßig grünen Blättern.

Ein anderer spezieller Fall ist die als „Auftreibung der Weinblätter" von der äußerlich ähnlich erscheinenden und damit verwechselten Milbensucht (Phytoptosis) zu trennende Krankheit. Die Blätter waren von normaler Größe, zeigten aber ein marmorirtes Aussehen, das durch gelbliche, dem bloßen Auge drüsig erscheinende, bei sparsamerem Auftreten zunächst den Nerven folgende, an der Blattbasis häufiger als an der Spitze vorhandene Erhabenheiten verursacht wurde. Auf der Unterseite sind die Flecken erhabener, ineinander geflossen, von stumpfer, nicht glänzender, sondern eher drüsig-flaumiger Oberfläche. Der geringere Grad des wolligen Aussehens läßt sie durch das bloße Auge von der Milbensucht oder Filzkrankheit unterscheiden.

Im anatomischen Bau nähern sich die Auswüchse denen der Cassia tomentosa; sie sind aber hier nur auf der Blattunterseite entstanden durch schlauchförmiges Auswachsen des unter der Epidermis liegenden Schwammparenchyms, dessen Zellen bei langer Streckung nur noch geringen festen Inhalt haben und dicht aneinander gepreßt erscheinen. Mit der zunehmenden Verlängerung des Parenchyms wird die darüber liegende Epidermis der Unterseite gesprengt und gebräunt.

Anfangs sind nur die direkt unter der Epidermis liegenden Zellen irritirt; aber kurz nach Beginn der Auftreibung wird auch die nächstinnere Zellschicht ergriffen, und diese ist es in der Regel, welche später die größte Streckung erfährt, und deren Zellen sich nicht selten durch nachträgliche Querwände theilen. Die das Centrum der Auftreibung einnehmenden Zellen sind am längsten und schmälsten und stehen genau senkrecht zur Oberfläche des Blattes, während die seitlich anstoßenden schief fächerförmig gelagert sind, an Länge ab- und an Breite zunehmen. Stärke ist nicht nachweisbar. In den extremsten, zur Beobachtung gelangten Fällen sind sämmtliche Zellen des Mesophylls bis zum Pallisadenparenchym der Oberseite hin in die Streckung hineingezogen; das Letztere selbst jedoch sah ich nicht ergriffen.

Ueber das Auftreten der Krankheit erhielt ich von Herrn Hofgärtner Roese folgende Mittheilungen. Die Auftreibungen erschienen in einem Weinhause kurz vor der Zeit, in welcher sämmtlicher Wein abgeerntet wurde, (gegen Mitte September) an einem Stocke von Black Hamburgh. Nach dem Abernten wurden sofort alle Fenster geöffnet; trotzdem erkrankten alle alten Blätter und fielen ab. Schon seit Beginn der Beerenreife im Hause ist nie mehr das Laub im Hause bespritzt worden, sondern die nöthige Feuchtigkeit nur durch Begießen der gemauerten Beeteinfassungen, des Fußbodens und der Beete selbst gegeben worden.

Das ganze Weinhaus ist mit 14 Stöcken besetzt, von denen 6 Stück Black Hamburgh (blauer Frankenthaler) sind. Von diesen Sechs steht Einer an der Seite, wo die Wasserheizungsröhren aus dem Vorhause eintreten. Dieser Stock allein ist der Befallene. Ein gegenüber an der andern Wand stehender Stock von Royal Muscardine vermischt in den oberen Regionen des Hauses sein Laub mit dem des befallenen Stockes, ohne eine Spur der Krankheit zu zeigen.

An diesen Fall anknüpfend, versuchen wir die Erklärung dieser Erscheinungen. Wenn sich Zellparthien in einer so exorbitanten Weise strecken, muß Wasserüberschuß und Material zur Verlängerung der Zellwand vorhanden sein. Das Baumaterial dürfte der Zellinhalt liefern, den wir bei der Streckung verschwinden sehen. Daß die ersten Auftreibungen in der Nähe der Blattrippen erscheinen, spricht dafür, daß die sich streckenden Zellen ihr Wasser aus den Zuleitungsheerden, den Gefäßbündeln, möglichst direkt beziehen und daß diese Zuleitungssysteme eine Rolle spielen. Man wird annehmen können, daß eine energische Zuleitung von roher Bodenlösung aus der Wurzel stattfindet. Da die Krankheit in der gespannten, feuchten Luft der Glashäuser, (in dem Beispiele mit dem obigen Weinstock in der Nähe der warmen Heizungsröhren) allein auftrat, so ist der gesteigerten Wärme eine ganz besondere Aufmerksamkeit zu schenken.

Diese wird es sein, welche die erste Anregung zu den Intumescenzen giebt. Während in den für eine Pflanze zusagenden Vegetationsverhältnissen das Blatt gleichmäßig sich ausbildet und altert, sehen wir durch äußere Anregung einzelne Individuen zu erneueter Thätigkeit vorübergehend sich anschicken. Gewisse Parthien sind besonders geeignet, ihre Streckung wieder aufzunehmen; es sind dies die in der Nähe der Gefäßbündel liegenden, wasserreicheren Gewebe. Ist die äußere Anregung durch erhöhte Temperatur, reiche Bodenlösung und größere Luftfeuchtigkeit eine länger dauernde, so werden immer weiter nach dem unthätigeren Blattrande hin gelegene Parthien in den Auftreibungsprozeß hineingezogen.

Wie wir sehen, sind es einzelne Individuen innerhalb einer Reihe derselben Varietät, welche leiden können. Im Freien ist bei Wein noch nicht diese Zell-

wucherung gefunden worden. Die beschriebene Krankheit ist nicht mit den Erscheinungen, die an Ampelopsis hederacea beobachtet wurden [1]) übereinstimmend. Bei dieser Pflanze sah Tomaschek an jungen Zweigen, Blattstielen und Blattnerven, besonders aber an der Außenseite der Nebenblätter perlenartige Bildungen. Die Perlen, die bei Lichtmangel besonders groß waren und im Herbst vertrockneten, bildeten sich unterhalb einer Spaltöffnung, schon an ganz jungen Theilen, indem die eine Athemhöhle umgebenden Zellen in dieselbe hineinwuchsen und bei ihrer fortschreitenden Vermehrung die Epidermis auftrieben. Im Herbst und Winter zeigten sich an Stelle dieser Auswüchse wirkliche Lenticellen mit Korkbildung. Bei Cassia und Acacia fanden sich Zellstreckungen auch nur im



Fig. 3 A.

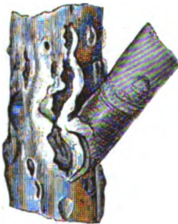


Fig. 3 B.

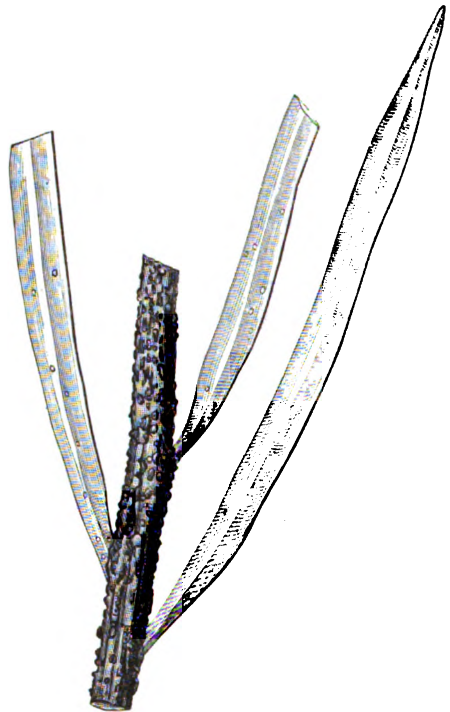


Fig. 3 C.

Warmhause; die frei und hell im Kalthause stehenden Pflanzen ließen die Erscheinung nicht erkennen. Auch an Kartoffelblättern sind warzenartige Auswüchse beobachtet worden, welche den auf Weinblättern in feuchter Atmosphäre gebildeten ähnlich sind. [2])

[1]) Tomaschek: Ueber pathogene Emergenzen auf Ampelopsis hederacea. Oesterr. Bot. Zeit. 1879, S. 87.

[2]) Masters: Leaves of Potatoes with warts. Gard. Chron. 1878, I, S. 802.

Als Beispiele wuchernder Zellstreckung an Stengeln gebe ich das Habitusbild eines Stengelstückes von Lavatera trimestris Fig. 3 A und von Acacia pendula B, deren aufgerissene Rinde in der Vergrößerung C noch deutlicher zu sehen ist.

Bei Malope grandiflora und Lavatera trimestris bemerkt man Stengel und Zweige auf der Sonnenseite dicht mit Längsschwielen besetzt. Diese Schwielen werden durch bedeutende Längs- und Querstreckung der Zellen des Rinden- und auch des Holzkörpers veranlaßt. Wenn die Schwiele noch jung ist, leitet sich der Vorgang meist dadurch ein, daß in der Höhe der primären Hartbastbündel die zwischen 2 Bündeln liegenden, chlorophyllführenden Parenchymzellen sich radial und stärker noch tangential strecken und bei dieser Vergrößerung sich bogenförmig nach außen wölben. Der mechanische Ring wird dadurch gelockert, daß die Bastbündel mit auseinandergerückt werden und die Collenchymschichten weniger entwickelt sind. Bei stärkerer Entwicklung erweist sich die gelockerte Stelle tiefer gehend, indem auch der Holzkörper seine prosenchymatischen Elemente uud Markstrahlzellen zu einem weitmaschigen Parenchym umändert.

Bei Acacia können mehrere Vorgänge das Aufreißen der Stengelrinde veranlassen. Im vorliegenden Falle ist es das Gewebe zwischen Hartbast und Epidermis, das sich stellenweis schlauchartig streckt, die meist an der Streckung nicht betheiligte Epidermis auftreibt und entzweireißen macht. Die Bildungen erinnern an die bei den Cassiablättern beschriebenen.

Bei Pandanus javanicus und mehreren andern Pflanzen sah ich Zellwucherungen im Innern des Blattes, ohne daß äußere Auftreibungen entstanden waren. Der Chlorophyllverbrauch in den sich streckenden Zellen verursachte gelbe Färbung der erkrankten Blattstellen. Wir haben somit für einzelne Pflanzen eine neue Ursache der Gelbfleckigkeit. Bei Cyclamen persicum var. giganteum sah ich in feuchter Luft an den weißen Blumenblättern zahlreiche rothgetuschte Flecken entstehen, während dieselben in trockner Luft fehlten.

Sollten derartige Auftreibungen sich bis zur wirklichen Krankheit bei manchen Pflanzen steigern, so wird meiner Meinung nach ein Nachlassen der Bewässerung, vorzugsweise aber ein kühlerer und luftiger, sonnigerer Standort dem Uebel am schnellsten abhelfen.

Der Schorf der Kartoffeln.

Die Krankheit, welche auch unter den Namen der „Räude“ oder „Krätze“ oder „Grind“ bei den praktischen Landwirthen bekannt ist, zeigt sich darin, daß braune, unregelmäßige, schüsselförmige, mit angefressenen, oft aufgeworfenen Rändern versehene Vertiefungen in der Knolle entstehen. Diese Vertiefungen erweitern sich allmählich und zeigen sich mit braunen, vermoderten Zellresten, Milbenexcrementen, Pilzfäden u. dgl. erfüllt.

Je tiefer diese geschwürartigen Stellen in das Fleisch der gesunden Knolle hinein sich fressen, um so größer ist der Verlust an gesunder Substanz und daher an Nährwerth. Indeß selbst dann, wenn die schorfartigen Stellen nicht sehr tief sind und der Verlust an Nährsubstanz nicht in Betracht kommt, verlieren die mit Schorfstellen behafteten Knollen beträchtlich an Marktwerth wegen ihres ungesunden Aussehens.

Wenn man die oft mit kleinen, zapfenartigen Vorsprüngen versehenen Wundränder einer Schorfstelle untersucht, so findet man, daß dieselben aus dunkelfarbigen, ihres Stärkemehls meist beraubten und dafür mit braunen, oft kugelig geballten Inhaltsmassen versehenen Parenchymzellen gebildet sind, welche ehemals das gesunde Fleisch der Knolle darstellten. Von diesen abgestorbenen, verkorkten Zellen des Wundrandes finden sich entweder allmähliche Uebergänge in das gesunde, stärkeführende Gewebe oder auch zwischen beiden eine Trennungsschicht aus wirklichen, tafelartigen Korkzellen, welche in den der Schorfstelle benachbarten Zelllagen auf Kosten der Stärke entstanden sind.

Das Gefährliche für die Knolle liegt darin, daß die Wundränder selbst, so lange die Knolle im Boden sich befindet, sehr oft wieder der Vermoderung anheimfallen und die Schorfstelle sich vertieft. Ist die Knolle erst einmal geerntet, läßt sich ein Weiterfressen des Schorfes auch innerhalb der feuchten Mieten nicht erkennen. Ich schließe sogar aus dem Umstande, daß man bei frühen Kartoffelsorten, die allmählich geerntet werden, bei Beendigung der Ernte die Schorfstellen durchschnittlich nicht tiefer findet, als bei den einige Wochen früher geernteten Exemplaren, daß auch die Ausbreitung der Schorfstellen bei den im Boden verbleibenden Knollen nicht fortwährend fortschreitet. Es scheint mir vielmehr, daß die Vertiefung der Schorfflecken auf einzelne, vielleicht manchmal auf eine einzige Periode beschränkt ist.

Als solche der Schorfbildung günstige Perioden betrachte ich die innerhalb der Vegetationszeit eintretenden Zeiten stärkerer Regengüsse nach lang anhaltender Trockenheit. Begründet wird diese Ansicht durch die Veränderung, welche sich zeigt, wenn man die Knollen in sehr feuchte Atmosphäre oder theilweise in direkte Berührung mit tropfbar flüssigem Wasser bringt. Es wird dadurch der normale Vorgang der Lenticellenentwicklung derart gesteigert, daß dieselben als kleine, weiße, wollig aussehende Wärzchen für das bloße Auge leicht kenntlich werden. Fast alle Pflanzentheile, welche mit einer bleibenden Korklage bedeckt sind, zeigen in derselben Unterbrechungen in Form feiner Löcher (Lenticellen oder Rindenporen), in denen ein lockeres, verkorktes, mit Luft führenden Intercellularräumen versehenes Gewebe sich befindet, das meist unterhalb der Spaltöffnungen entsteht uud die physiologische Arbeit derselben übernimmt. Diese Arbeit ist in der Vermittlung des Luftaustausches zwischen dem Innern des Pflanzentheiles und der Atmosphäre zu suchen. So entstehen z. B. die Rindenporen unterhalb einer Spaltöffnung durch Theilung in den die Athem-

höhle umgebenden Parenchymzellen bei Sauerkirsche,[1]) Liguster, Flieder, Weide, Esche, Akazie, unterhalb mehrerer Spaltöffnungen bei Wallnuß und Pappel. Bei andern Pflanzen, wie z. B. bei Johannisbeeren und andern Ribes-Arten, bei Berberitze und Besenstrauch, entstehen die Rindenporen aus dem Korkcambium (Phellogen). Bei der Kartoffel sehen wir unter der aus tafelförmigen Korkzellen aufgebauten Schale k (in nebenstehender Figur 4) die ersten Anfänge der Lenticellenbildung unterhalb der Spaltöffnungen[2]) in Form unregelmäßiger, inhaltsarmer Zellen (a). Indem diese Zellenbildung immer weiter rückwärts greift und die zuerst gebildeten Zellen Wasser aufnehmen, quellen und dadurch die Korkrinde sprengen, entsteht die nun zur Schorfbildung Veranlassung gebende Lenticelle, aus welcher die sich lockernden Füllzellen (f) in Form eines weißlichen, feuchten Mehles hervortreten. Diese Zellen vermodern; der Vermoderungs-

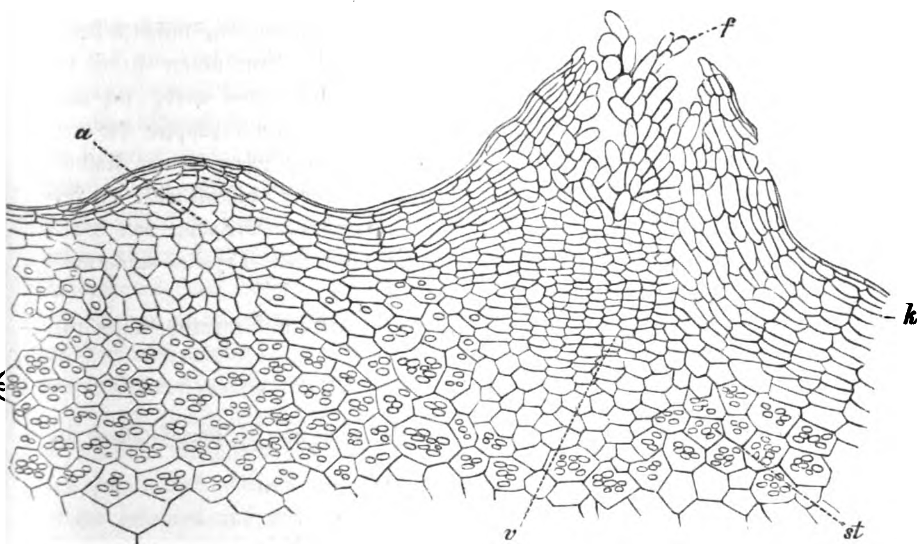


Fig. 4.

prozeß greift weiter nach innen und die dichtgedrängten, noch zusammenhaftenden Reihen der jugendlichen Füllzellen (v) sind immer tiefer im Innern des Fleisches zu suchen und immer weiter verschwindet die Stärke (st) aus dem die Füllzellen umgebenden Gewebe.

Wir haben also bei der Schorfbildung zwei Vorgänge im Auge zu behalten; erstens ist es der Vorgang der Lenticellenwucherung, der bis zum Auftreten

---

[1]) E. Stahl: Entwicklungsgeschichte und Anatomie der Lenticellen. Bot. Z. 1873, Nr. 36—39.

[2]) Caspari in Sitzungsberichte d. niederrheinischen Gesellschaft f. Natur- und Heilkunde v. 8. Jan. 1857, cit. Bot. Z. 1857, S. 116.

mehlweißer Zellhaufen sich steigert; zweitens haben wir den Prozeß des Absterbens der Füllzellen und das dadurch vermehrte Vordringen der Korkbildung in das Innere der Knollen zu beachten.

Daß die Lenticellenwucherung an überschüssige Feuchtigkeit gebunden, ersehen wir aus dem Umstande, daß zur Zeit anhaltender Nässe die Lenticellen der Bäume (Erle) als weiße Polster dick hervortreten, daß man ferner durch Einschluß eines Stammstückes in Wasser eine eminente Korkwucherung künstlich erzeugen kann (Kirsche) und daß man auch bei der Kartoffel thatsächlich solche Korkwarzen hervorrufen kann, wenn man die Knollen für längere Zeit in feuchte Luft bringt. Nobbe[1]) fand bei Wasserkulturen der Kartoffel, daß die in Wasser gezogenen Knollen von früher Jugend an kleine Wärzchen durch örtlich verstärkte Korkbildung hervorbrachten, welche den Luftknollen fehlten.

Der Ansicht, daß überschüssige Feuchtigkeit zu unpassender Zeit die Veranlassung der zur Schorfbildung gesteigerten Korkwucherung sei, pflichten sowohl Caspari[2]) und Schacht[3]) als auch Frank[4]) bei. Eine neuere Arbeit von Stapf stellt fest, daß, wenn die Transspiration aufgehoben wird, sich unter den Spaltöffnungen die Lenticellen entwickeln.[5]) Dagegen behaupten die praktischen Landwirthe in der Mehrzahl der Fälle, daß das Mergeln und Kalken[6]) der Böden, sowie die Düngung mit Kloakenkoth oder Straßenkehricht die Veranlassung zur Krankheit geben. Kühn schließt sich der Meinung von Wallroth an,[7]) der die Schorfbildung durch Pilzvegetation (Erysibe subterranea Wallr.) erklärte.

Andrerseits wird auch das Eisen, das in niedern Oxydationsstufen vor-

---

[1]) Versuchsstationen 1864, S. 58.

[2]) Bot. Z. 1857, S. 116.

[3]) Bericht an d. Kgl. Landes-Oeconomie-Collegium über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten, Berlin, S. 15.

[4]) Die Krankheiten d. Pflanzen, 1880, S. 141.

[5]) Biedermann's Centralbl. 1879, S. 714.

[6]) Landwirthsch. Zeitschr. f. Westphalen und Lippe, 1864.

[7]) Linnaea 1842, S. 332: Der Knollenbrand der Kartoffel, vom Hofrath Dr. Wallroth. Es heißt hier wörtlich:

Die in den ökonomischen Schriften unter dem Namen „Kartoffelgrind, Kartoffelgnatz, Kartoffelwarzen, Schorfkrankheit, Stockflecken und Fäulniß der Kartoffeln“ viel besprochene Krankheit der Kartoffelknollen erkannte ich längst als eine Art des vegetabilischen Brandes (Uredo, Ustilago und Caeoma der Autoren, Erysibe Theophr., Adans., Murr., Wallr. nec. DC.) und ertheilte derselben folgende Diagnose:

Erysibe subterranea, a tuberum Solani tuberosi, — sporis subrotundis maximis obscure cellulosis tenuissimis, primum flavicantibus dein fusco-virescentibus sub summa tuberum subterraneorum vegetorum epidermide livescente maculari dein colliculosa lacero-fissa grumulos ovato-subrotundos hemisphaericos immersos polysporos iisque effoetis scrobiculos superficiales nudos praestantibus.

Nordhausen, d. 15. Febr. 1842.

handen, für schädlich gehalten. Auf einem Gute in der Neumark wurden nach einer Mergelung diejenigen Reihen von Kartoffeln frei von Schorf gefunden, welche weißen, mit Eisenoxyd gemengten Boden erhalten hatten, während bei den durch Eisenoxydoxydul dunkel gefärbten Mergeln der Schorf reichlich auf den Knollen erschienen war.[1])

Wiederholt begegnet man in den Berichten praktischer Landwirthe dem Ausspruche, daß frischer, thierischer Dung namentlich bei feinschaligen Sorten schorfkranke Knollen hervorbringe.[2]) Auch bei Anwendung von Jauche trat die Krankheit auf, während nach starker Kalidüngung, die anderweitig schädlich wirkte, die Knollen frei von Schorf waren.[3])

Was die Wallroth'sche Meinung anbetrifft, so glaube ich, daß dieselbe irrig ist. Man findet in und auf dem abgestorbenen Gewebe mancherlei Pilzbildungen, allein keine, welche das gesunde Gewebe angreift. Gegen die Ansicht, daß Kalken, Mergeln und Düngen mit Kloakenkoth die Entstehung des Schorfes an den Knollen bedingen sollen, erheben sich ebenfalls mancherlei Stimmen, und selbst da, wo bestätigende Endresultate vorliegen, weichen die Nebenumstände vielfach ab. So wird beispielsweise einmal wohl das Auftreten des Schorfes nach dem Mergeln bestätigt, aber die größte Ausdehnung der Krankheit im ersten Jahre geleugnet,[4]) in welchem die Knollen vollkommen gesund geblieben seien, während in den folgenden 10 Jahren die Krankheit immer stärker hervorgetreten wäre. Dieselbe Notiz behauptet auch eine ähnliche Wirkung des Mergels bei Runkelrüben. Interessant ist die Beobachtung, daß da, wo an Abhängen der Mergel zu Tage trat, die darin stehenden Kartoffeln keinen Schorf zeigten. In Posen wurde in den siebziger Jahren auf großen Gütern häufig Mergel auf den lockeren Boden gefahren, um Sandluzerne (Medicago media) bauen zu können. Der Sandluzerne gingen gewöhnlich zweimal Kartoffeln vorher, zu welchen stets einmal gemergelt wurde. Trotzdem soll danach niemals der Schorf aufgetreten sein, wenn der Mergel vor Winter gefahren und mit der Ackerkrume gehörig vermischt wurde.[5]) Dieselbe Erfahrung wurde ein Jahr früher in Sachsen in der Zeitschrift des landwirthsch. Centralvereins (S. 219) ausgesprochen.

Betreffs des Kalkens ist ein streng durchgeführter Versuch in Pommritz zu erwähnen, über welchen Heiden[6]) berichtet. Eine Parzelle jungfräulichen Bodens hatte seit dem Jahre 1868 in zehn Jahren sechsmal eine starke

---

[1]) Landwirth, 1875, S. 352.
[2]) ibid., S. 319 und 352.
[3]) Janovski: Kartoffelanbauversuche. Prager Landw. Wochenbl., cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1876, I, S. 430.
[4]) Landw. Zeit. f. Westphalen und Lippe 1864, S. 106.
[5]) Fühling's landwirthsch. Zeit. 1871, Heft 5, S. 391.
[6]) Allgemeine Hopfenzeitung 1882, S. 295.

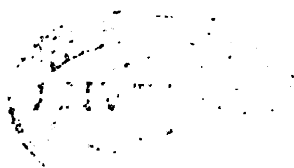
Diese Masse erweist sich unter dem Mikroskop zusammengesetzt aus schlauchartig verlängerten, sehr inhaltsarmen, wasserreichen Zellen, (Fig. 3 s) die ein durch große Lücken und zahlreiche, erweiterte Zwischenzellräume gelockertes Gewebe darstellen.

Das lockere Gewebe ist die ehemalige normale Rinde, deren Zellen, in den Regionen zwischen je 2 Bastzellgruppen (Fig. 3 b) beginnend, auf Kosten ihres sonst an grünem Farbstoff reichen Inhalts sich in der Richtung des Stammradius außerordentlich stark gestreckt haben, zum Theil auseinander gewichen sind und bei ihrem stets zunehmenden Umfang endlich die äußersten ältesten Rindenlagen (Fig. 3 e k), die an der Veränderung nicht mehr Theil genommen und frühzeitig durch Korkschichten (k) von dem darunter liegenden Gewebe abgetrennt worden sind, entzweigesprengt haben.

Nicht immer ist die Rinde in ihrem ganzen Querdurchmesser von der schlauchförmigen Streckung ergriffen; in sehr intensiven Fällen aber gewahrt man schon eine Deformation der Zellen in der Cambialregion (c). Dann ist auch das Holz nicht mehr normal; an Stelle des bisher gebildeten, aus dickwandigen, langgestreckten Holzzellen und mit leiterartig durchbrochenen Querwänden versehenen Gefäßen bestehenden, normalen Holzes entsteht ein aus kurzen, weiten, verhältnißmäßig dünnwandigen, parenchymatischen Zellen (h p) zusammengesetztes Holz. Der Querschnitt (Fig. 3) stellt den Uebergang der gesunden Zweigseite N in die wassersüchtige W dar; h ist das normale Holz. Zur Zeit als die Lage s t entstand, machte sich die Krankheit in der Cambiumregion bemerklich, und die Folge davon war, daß von da ab auf der kranken Seite Holzparenchym h p gebildet wurde, welches nach links bei einem Markstrahl m abbrach; noch weiter nach links entstand in derselben Zeit normales Holz. Ganz derselbe Unterschied macht sich in dem jüngsten Rindenparenchym r p bemerkbar; durch die große, radiale Streckung der Zellen auf der wassersüchtigen Seite W werden die Hartbastränge b bogenförmig nach außen gedrängt und demgemäß sind auch die den Bastkörper begleitenden Zellreihen mit oxalsaurem Kalk o in steil ansteigende, unregelmäßige Reihen verschoben; c h l sind chlorophyllreich gebliebene Parenchymgruppen. Bei diesem lockeren, wasserreichen Bau des Gewebes, welches die Geschwulst darstellt, ist es erklärlich, daß es keine lange Dauer hat. Bei trocknem Standort der Pflanzen und zunehmender Lufttrockenheit bräunt es sich rasch, schrumpft, fällt zusammen und stellt eine mürbe, braune Masse dar, die theils auf dem Holzkörper aufgelagert bleibt, theils den äußeren, bei Trockenheit sich zurück rollenden, klaffend auseinander weichenden Rindenlappen anhaftet. Solche Stämme erhalten ein brandiges Aussehen und sind von der Kultur am besten ganz auszuschließen. Bei der Leichtigkeit, mit der solche Unterlagen auf kräftigem Boden wieder herangezogen werden können, wäre der Verlust durch die Krankheit minder empfindlich, wenn er nicht grade die Topfexemplare, die veredelt worden sind, beträfe und die Anzahl der



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



Veredlungen bedeutend verringert würde. Man muß also sehen, dem Uebelstande abzuhelfen, indem man die Ursache dieser Beulenbildung hinwegnimmt.

Diese Ursache ist nach dem anatomischen Befunde in einer lokalen Anhäufung von Wasser zu suchen.

Ich bin nicht der Ansicht, die in der Praxis ausgesprochen wird, daß eine überreiche Ernährung der Pflanze die Schuld trage, sondern einfach, daß an einzelnen Stellen der Achse ein Wasserüberschuß sich geltend macht. Wäre hier gleichzeitig eine Anhäufung von plastischem Material, so würde sich dieselbe durch reiche Zellvermehrung vorzugsweise äußern; das ist aber nicht der Fall. Zählt man die Zellen in derselben Stammhöhe an der gesunden (Fig. 3 N) und kranken (Fig. 3 W) Seite, dann findet man nur ein unbedeutendes Uebergewicht an Letzterer. Es ist demnach vorzugsweise Zellstreckung, also vermehrte Turgescenz, d. h. vermehrter Innendruck, hervorgebracht durch übermäßige Wasseraufnahme, zu finden. Die durch vermehrtes Wachsthum der inneren Theile einer holzigen Achse hervorgerufene Querspannung ist durch G. Kraus eingehender studirt worden. Ebenso zeigen die Messungen von Kaiser[1]) daß die Rinde periodisch radial dicker und gespannter wird in den die Turgescenz der Gewebe erhöhenden Nachtstunden. Die Zeit der größten Temperaturerhöhung, also die der ersten Nachmittagsstunden, weist den geringsten Baumdurchmesser auf. Indessen gehen Temperaturerhöhung und Abnahme der Spannung ebenso wenig gänzlich parallel, wie die umgekehrten Zustände, was meiner Meinung nach darin liegt, daß nicht die Temperatur direkt, sondern die von derselben beeinflußte, aber nicht ausschließlich geregelte Turgescenz der Zellen die Dickenschwankungen hervorruft.

Diese Anhäufung von Wasser an einzelnen Stellen erklärt sich durch die Behandlung der Ribes-Stämmchen bei der Vorbereitung zur Veredlung. Um schlanke, schnell in die Höhe gehende Stämmchen zu erzielen, muß man die anderen, seitlich entspringenden Schößlinge wegnehmen und an den jungen Stämmchen selbst die Seitenzweige zurückschneiden. Da solche kräftige Ruthen häufig anticipirte (vorzeitige) Triebe machen, so müssen auch diese zurückgeschnitten werden. Durch die Bildung vorzeitiger Triebe wird an den jungen Stämmchen im nächsten Frühjahr die Zahl der leicht zu weckenden Augen sehr vermindert. Solche leicht erweckbare, kräftige, einjährige Augen sind es aber vorzugsweise, die durch den sich im Innern des Stämmchens steigernden Wasserdruck bei beginnendem Antreiben die Verbrauchsheerde für das von der Wurzel gelieferte Wasser darstellen.

Sind nun die Stämmchen gut angewurzelt, werden sie im Warmhause schnell angetrieben und die an und für sich schon spärlich vorhandenen Augen

---

[1]) Kaiser: Ueber die tägliche Periodicität der Dickenbimensionen der Baumstämme. Inauguraldissertation 1879, Halle, cit. in Forsch. auf d. Geb. der Agrik. Physik 1880, S. 78.

noch dadurch vermindert, daß man die aus ihnen sich entwickelnden Triebe einstutzt oder gänzlich entfernt, dann werden solche Parthien des Stengels, an denen naturgemäß der größte Wasservorrath sich ansammelt, leicht in die Lage gebracht werden, Wasser im Uebermaaß aufzunehmen. Sind derartige Parthien aus noch streckungsfähigen Zellen gebildet, dann macht sich die übermäßige Wasseranstauung in einer schlauchförmigen Verlängerung der jüngeren Rindenzellen und der Bildung derartig beulenartiger, schließlich aufreißender Auftreibungen geltend.

Die Orte, an denen naturgemäß der Wasserauftrieb am meisten zur Geltung kommt, sind die Gipfelregion des senkrechten Triebes und die Ansatzzellen der Augen, an denen durch veränderten Gefäßbündelverlauf und reichere Parenchymbildung der Achsenkörper lockerer ist. Hier werden sich also die Störungen vorzugsweise gern zeigen; außerdem werden frühere Wundstellen sich auch geeignet für die Beulenbildung erweisen, welche demnach mit Recht den Namen „Wassersucht" führt.

Die auf meine Bitte im Jahre 1879 von dem Vorsitzenden des Gartenbauvereins zu Pankow bei Berlin, Herrn Handelsgärtner Sabeck, unternommenen Versuche, durch reiches Gießen und schnelles Antreiben gut bewurzelter Exemplare im Warmhause die Wassersucht hervorzurufen, haben sehr schöne, positive Resultate ergeben.

Die Mittel gegen die Krankheit werden in einer Erhaltung möglichst zahlreicher, einjähriger Augen und in Vermeidung eines zu schnellen Antreibens, sowie eines zu frühen Einstutzens der Triebe bei der Veredlung zu finden sein. Maurer[1]) verwendet mit Vortheil Ribes nigrum statt aureum als Veredlungsunterlage. Herr Obergärtner Hotzel in Mödling theilte mir mit, daß ein Aufritzen der Rinde, also Schröpfen, dem Uebel Einhalt thun soll.

Aehnliche Erscheinungen von Wassersucht gelang es mir, bei Rosen zu beobachten und bei Pflaumensämlingen in Wasserkultur zu erhalten; die zu tief in's Wasser gesetzte Stammbasis barst bei denjenigen Exemplaren, welche vorher an diesem Theile der Luft ausgesetzt gewesen. Wassersüchtige Rinde zeigte sich bei tief in nassem Sande kultivirten, jungen Pflanzen von Phaseolus vulgaris, wie die beigegebene Figur 5 darstellt. Im Jahre 1882 sah ich am 16. Juli auf Feldern bei Proskau aufgerissene Kartoffelstengel und Wurzeln von Beta vulgaris. Nach geringer Winterfeuchtigkeit und einer trocknen Frühjahrsperiode folgte im Juli viel Regen. Außer Vergrünungserscheinungen bei Klee ließ sich ein Faulen der Rübensämlinge und einzelner Triebe der Kartoffelsorte Early Rose bemerken. Auf leichtem Boden und an den höchstentwickelten Pflanzen war die Erscheinung zuerst bemerkbar, was sich dadurch erklären läßt, daß diese Pflanzen sich bereits am meisten der Trockenheit angepaßt hatten und am

[1]) Der Obstgarten 1879, S. 182.

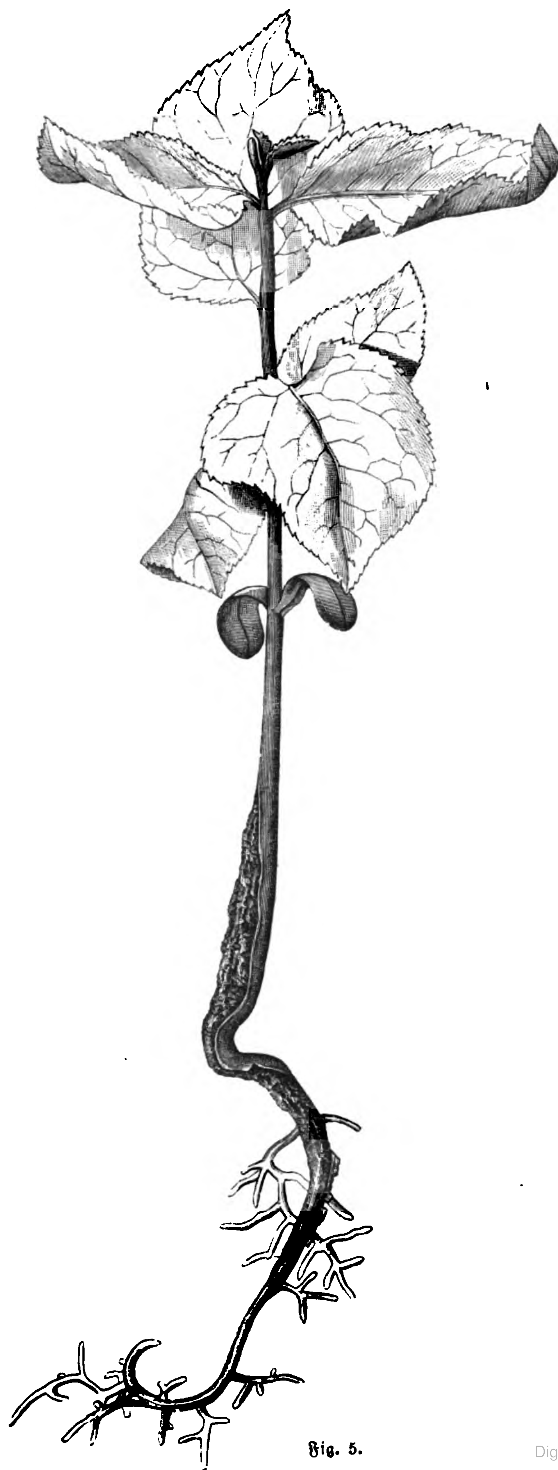


Fig. 5.

wenigsten sich der folgenden anhaltenden Feuchtigkeit accomodiren konnten. Die Rüben waren der Länge nach aufgerissen und hier, wie bei den Bohnen und Kartoffeln, siedelte sich Pilzvegetation an.

Als Beweis für meine Ansicht über die Entstehung der Wassersucht möchte ich auch die Untersuchungen von Levakoffski[1]) an Epilobium hirsutum, Lycopus europaeus und 2 Spezies von Lythrum anführen, welche sämmtlich theils im Wasser, theils auf dem trocknen Lande sich entwickeln können. Der Vergleich von Wasser- und Landexemplaren lehrt, daß bei den Wasserpflanzen zwischen Cambium und Rindenparenchym zwei Reihen farbloser, chlorophylloser Zellen, die 3—4 mal länger als breit sind, existiren, welche bei den Landexemplaren fehlen. Dieser Unterschied schärft sich um so mehr zu, je ältere Pflanzentheile man miteinander vergleicht. Unterhalb des Wasserspiegels werden diese beiden Zellreihen zu einem dicken, lacunösen Gewebe. Epidermis und Rinde gehen hier bald zu Grunde. Die Zellen, welche dieses besondere Gewebe darstellen, bilden sich aus dem Cambium.

Blattsprossung (Emergentia).

Eine Erscheinung, welche als den Blattauftreibungen verwandt zu betrachten ist, sich aber durch reiche Gewebeneubildung unterscheidet, besteht in dem Hervortreten von Blattmasse aus der Fläche älterer Blätter. Solche Sprossungen der Blattfläche bestehen manchmal nur in wall- oder schwachflügelartigen Fortsetzungen der Blattsubstanz, welche aber selten in der Richtung des alten Blattkörpers verlaufen, sondern mehr oder weniger senkrecht von der Fläche desselben sich erheben; manchmal sind aber die Sprossungen so bedeutend, daß sie in kleineren Dimensionen wiederum Blätter darstellen, welche einzeln oder zu mehreren aus dem Mutterblatte herauswachsen. Die höchste Entwicklung derartiger Sprossungen sah ich an einem Blumenkohlblatte, bei welchem auf der erst hervorgesproßten Blattfläche sich durch Sprossung wiederum ein neuer großer Blattlappen gebildet hatte.

Eine andere Form der Sprossung bildet Masters[2]), der diese teratologische Erscheinung als „Enation" bezeichnet, auch von einem Kohlblatte ab; hier sprossen senkrecht aus der Mittelrippe zahlreiche Blattflügel von verschieden großer Ausdehnung. Die Mittelrippe hat nicht blos auf der Unterseite die halbmondförmig angeordneten, normalen Gefäßbündel, sondern eine zweite convexe Reihe von Bündeln auch auf der Oberseite des Blattstieles. Derselbe Autor spricht auch von einem Orangenblatte, aus dessen Mittelrippe unterseits noch eine Blattfläche hervorsproßte, so daß es den Anschein hatte, als ob 2 Blätter

---

[1]) Levakoffski: De l'influence de l'eau sur la croissance de la tige et des racines de quelques plantes. (Mém. de l'université imp. de Kazan 1873, Nr. 5, cit. in Bot. Zeit 1875, S. 696.

[2]) Végétable Teratologie 1869, S. 445.

mit ihren Rückenflächen verwachsen gewesen, was aber nicht stattgefunden hatte. Bei Aristolochia Sipho l'Hér. scheint ein Aufreißen und Sprossen der Blattsubstanz nicht gar zu selten zu sein. Magnus beobachtete sie an Blättern aus Potsdam; ich fand die Erscheinung in Proskau an einem von 2 dicht nebeneinanderstehenden Exemplaren. Hier umgab auch die sprossende Substanz wallartig, wie bei den Blättern aus Potsdam, schmale, unregelmäßige, oft strichartige Felder, die dünner als die übrige Blattsubstanz waren. Magnus[1]) der das Material genauer untersuchte, fand, daß in den helleren Stellen zwar die Zellen ebenso, wie in den andern Blatttheilen angelegt erschienen, aber klein geblieben und ohne größere Intercellularräume aneinander gelagert waren; dabei war die Chlorophyllbildung eine äußerst spärliche. Die Emergenzen sind in ihrer schwächsten Entwicklung nur niedrige Leisten und selten bilden sie größere Flügel. Ueberall aber zeigt sich die auch anderweitig beobachtete morphologische Beziehung, daß die der erzeugenden Blattfläche zugewandte Seite der Blattemergenz die morphologische Natur derselben theilt, daß mithin auf der Blattunterseite die derselben zugewandte Seite der Sprossung auch zur Unterseite wird.

Bei Gloxinien[2]) (Gl. [Ligeria] speciosa Ker.) treten häufig aus der Rückseite des basalen Theils der Mediane der mit einander verwachsenen Blumenblätter zungenförmige Sprossungen auf, deren gegen die Rückseite der Blumenkrone gewendete Fläche auch Rückenseite ist. Ebenso verhält es sich mit den secundären Fruchtblättern in monströsen Mohnblüthen, die ebenfalls Rückensprossungen aus der Mediane der normalen Fruchtblätter sind, wobei auch die gleichnamigen Seiten aneinander liegen, somit also die Ovula tragende Oberseite nach außen, dem Kelche zugewendet, liegt. Čelakowsky[3]) erklärt die Bildungen für umgewandelte Staubgefäße. Ein bestimmter Ort für die Bildung der Excrescenzen existirt nicht. In einem ebenfalls von Magnus[4]) beobachteten Falle an Rechsteineria alagophylla Rgl. entsprangen die abnormen Sprossungen auf der Oberseite der Mittelrippe, was auch Wydler[5]) bei einer andern Gesnera (spicata?) sah. Dagegen fand Magnus bei Gesnera splendens v. Houtte die Excrescenzen auf der Blattunterseite mitten zwischen 2 Seitennerven entstanden, wie dies von Aristolochia Sipho angegeben und Urban an Spiraea salicifolia gesehen hat.

Schädigungen der Funktion treten durch solche Sprossungen nicht hervor; bei Gloxinien haben die Gärtner mit Erfolg versucht, diese Eigenthümlichkeiten der Entwicklung weiter auszubilden und als floristische Neuheit zu verwerthen.

Einem Wiedererwachen der Sproßkraft sind z. B. die Mißbildungen zu-

[1]) Sitzungsberichte d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XIX v. 27. Juli 1877.
[2]) Masters l. c., S. 451.
[3]) Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XI, S. 159.
[4]) Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XXIII v. 24. Juni 1881.
[5]) Flora, Regensburg 1852, S. 737.

wenigsten sich der folgenden anhaltenden Feuchtigkeit ac… …iner Trockenperiode
Rüben waren der Länge nach aufgerissen und hier,
Kartoffeln, siedelte sich Pilzvegetation an. …ze von Hydnum repan-

Als Beweis für meine Ansicht über die G… …g durch trockne Tage zeigten
ich auch die Untersuchungen von Levakof… …en Hüte plötzlich emporgehoben
Lycopus europaeus und 2 Spezies von J… …ckes, welche mit dem gebogenen
theils im Wasser, theils auf dem tro… …, zu secundären Strünken ausgebildet
Vergleich von Wasser- und Landexe… …ei Lactarius ichoratus Batsch in der
zwischen Cambium und Rindenp… …tstrunkes hervorgegangene abgesprungene
loser Zellen, die 3—4 mal … wieder zu einem kleinen Hute geworden war.
Landexemplaren fehlen. Di… …Pilze, auf deren Hut ein anderer verkehrt auf-
Pflanzentheile man mitei… …lamellen nach oben gerichteter Hut sich befindet. In
diese beiden Zellreihen … durch den Nachweis eines dünnen Strunkrudimentes
gehen hier bald zu … das Zustandekommen der Mißbildung dadurch erklären,
stellen, bilden si… …obere Hut einem schwächlichen Nachbarexemplare angehört
…Exemplar war mit dem stärkeren Hute verwachsen und die ver-
Ein… …Rindenschicht durch die Trockenheit fest und zähe geworden. Bei ein-
ist, sich… …Feuchtigkeit, die den Strunk des Hauptbildes zu schneller Streckung
vort… …riß der starke Pilz den anklebenden seitlichen Hut von dessen eignem
be… …und trug ihn auf seinem Hute in die Höhe, ernährte ihn durch sein
…Gewebe und verursachte damit dessen nachträgliche Vergrößerung.

In der Mehrzahl der andern Fälle indeß erwies sich der neue Hut als Aussprossung der Hutsubstanz des Mutterhutes, dessen Fleisch durch eine vorhergegangene Trockenperiode Risse und Sprünge bekommen hatte. Diese Risse ließen, anstatt zu vernarben, neues Hutgeflecht hervorsprossen und Lamellen bilden. Bei Cantharellus cibarius (L.) Fr. sah Ludwig 3—4 derartige Sprossungen entstehen. Aehnliche, bald vertikal nach oben gerichtete, bald seitliche Hüte mit nach außen gerichteten Lamellen wurden noch bei Exemplaren aus den Gattungen Dermocybe, Inoloma, Clitocybe und Lactarius beobachtet.

Diese Fälle schließen sich, meiner Meinung nach, an die vorerwähnten Blattsprossungen phanerogamer Pflanzen an.

Bei den Pilzen dürften sich mancherlei Erscheinungen noch vorfinden, welche als Zeichen vegetativer Sproßthätigkeit gedeutet werden können zu Zeiten, in denen normaler Weise der plasmatische Inhalt der Zelle reproduktiven Zwecken dienen soll. Das Durchwachsen der Promycelschläuche bei Brandpilzen in Wasseraussaat zu Mycelfäden auf Kosten der unterbleibenden Sporidienbildung, die Ausbildung von Wasserformen bei Botrytis-Kulturen, wobei die spitzeirunden Conidien lang cylindrisch und astförmig werden können, das Durchwachsen von

---

[1]) Ludwig: Ueber teratologische, durch Witterungseinflüsse bedingte Bildungen an den Fruchtkörpern der Hutpilze. Bot. Centralblatt 1882, Nr. 43, S. 136.

..sporangien bei Phytophthora zu Keimschläuchen auf Kosten der ..oosporenbildung wären derartige Beispiele.

... angeschnittener Mooskapseln, das Durchwachsen eines neuen ...ltes hinein, wie dies bei Marchantiaceen von Kny be... ..ier ebenfalls erwähnenswerth.

... en nach Verletzung der durchwachsenen Zelle führen ... Sprosse der Sphacelariaceen (Geyler); ebenso ... von Cladochytrium und Saprolegnia. Magnus ...ch) Durchwachsungen noch unverletzter, plasmaleerer ...ie ihnen nächst benachbarte Gliederzelle beobachtet.[1])

..räutern (Adiantum Farleyense und magnificum) sah Magnus[2]), ..iederchen sich in farblose, zarte, aber doch auch von Nerven durch..ene Häutchen am Rande fortsetzten. An der Grenze des grünen und farblosen Theiles entsprangen auf der Unterseite zungenförmige Excrescenzen, welche stärkere Nerven als der farblose Randtheil besaßen. Es waren gleichsam aus der Blattfläche hervortretende Nervenendigungen, wie solche an Mittelrippen phanerogamer Blätter (Croton spirale, Statice Limonium, Deckblätter der Inflorescenzen von Avena etc.) beobachtet worden sind. Da die Excrescenzen nur dann gefunden worden sind, wenn die Blattfiederchen unfruchtbar waren (Farleyense ist bisher überhaupt noch nicht fruktifizirend gefunden worden), so liegt die Vermuthung nahe, daß diese Excrescenzen die vergrünten Fruchtböden der Sori sind.

In wie weit die Fortnahme einzelner wesentlicher Theile üppig wachsender Pflanzen geeignet ist, Turgescenzsteigerung in den andern Gliedern hervorzurufen, sehen wir aus Versuchen von C. Kraus.[3])

Beblätterten Stengeln der russischen Sonnenrose wurde das terminale Blüthenkörbchen genommen. In Folge dessen waren die durch die Blattspurstränge gebildeten 3 Leisten des Stengels, namentlich am oberen Theile angeschwollen, die Blattstiele dick und fleischig, vielfach oberseits aufgesprungen; manchmal sind auch die basalen Blattstielwülste aufgerissen und nicht selten erscheint die Oberfläche der Stengel mit zahlreichen, warzenähnlichen, parenchymatischen Wucherungen verschiedener Form bedeckt.

Nicht zu verwechseln mit den bisher erwähnten Sprossungen phanerogamer Blätter, bei denen die Vermehrung der Blattmasse in ungefähr senkrechter Linie zur normalen Blattausdehnung geschieht, sind die Veränderungen, die durch Vermehrung des Blattparenchyms in der normalen Blattebene entstehen. Es

---

[1]) Kny: Eigenthümliche Durchwachsungen an den Wurzelhaaren zweier Marchantiaceen. Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenb., XXI.

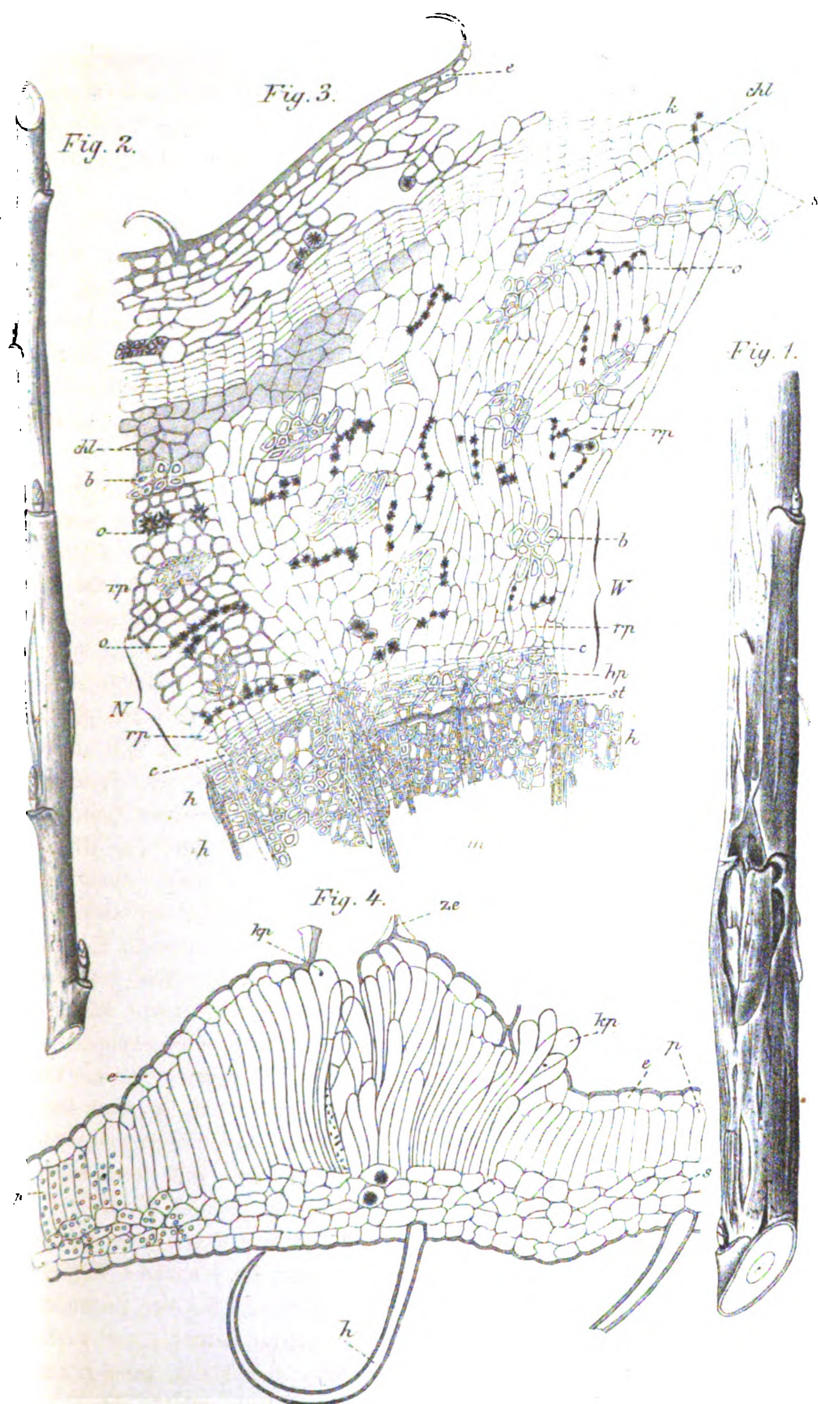
[2]) Sitzungsb. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XXIV, Nov. 1882.

[3]) C. Kraus: Beeinflussung des spez. Bildungsganges von Helianthus annuus durch Entblätterung rc. Forschungen auf d. Geb. d. Agrikulturphysik IV, Heft 5.

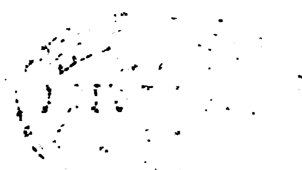
Diese Masse erweist sich unter dem Mikroskop zusammengesetzt aus schlauchartig verlängerten, sehr inhaltsarmen, wasserreichen Zellen, (Fig. 3 s) die ein durch große Lücken und zahlreiche, erweiterte Zwischenzellräume gelockertes Gewebe darstellen.

Das lockere Gewebe ist die ehemalige normale Rinde, deren Zellen, in den Regionen zwischen je 2 Bastzellgruppen (Fig. 3 b) beginnend, auf Kosten ihres sonst an grünem Farbstoff reichen Inhalts sich in der Richtung des Stammradius außerordentlich stark gestreckt haben, zum Theil auseinander gewichen sind und bei ihrem stets zunehmenden Umfang endlich die äußersten ältesten Rindenlagen (Fig. 3 e k), die an der Veränderung nicht mehr Theil genommen und frühzeitig durch Korkschichten (k) von dem darunter liegenden Gewebe abgetrennt worden sind, entzweigesprengt haben.

Nicht immer ist die Rinde in ihrem ganzen Querdurchmesser von der schlauchförmigen Streckung ergriffen; in sehr intensiven Fällen aber gewahrt man schon eine Deformation der Zellen in der Cambialregion (c). Dann ist auch das Holz nicht mehr normal; an Stelle des bisher gebildeten, aus dickwandigen, langgestreckten Holzzellen und mit leiterartig durchbrochenen Querwänden versehenen Gefäßen bestehenden, normalen Holzes entsteht ein aus kurzen, weiten, verhältnißmäßig dünnwandigen, parenchymatischen Zellen (h p) zusammengesetztes Holz. Der Querschnitt (Fig. 3) stellt den Uebergang der gesunden Zweigseite N in die wassersüchtige W dar; h ist das normale Holz. Zur Zeit als die Lage s t entstand, machte sich die Krankheit in der Cambiumregion bemerklich, und die Folge davon war, daß von da ab auf der kranken Seite Holzparenchym h p gebildet wurde, welches nach links bei einem Markstrahl m abbrach; noch weiter nach links entstand in derselben Zeit normales Holz. Ganz derselbe Unterschied macht sich in dem jüngsten Rindenparenchym r p bemerkbar; durch die große, radiale Streckung der Zellen auf der wassersüchtigen Seite W werden die Hartbaststränge b bogenförmig nach außen gedrängt und demgemäß sind auch die den Bastkörper begleitenden Zellreihen mit oxalsaurem Kalk o in steil ansteigende, unregelmäßige Reihen verschoben; c h l sind chlorophyllreich gebliebene Parenchymgruppen. Bei diesem lockeren, wasserreichen Bau des Gewebes, welches die Geschwulst darstellt, ist es erklärlich, daß es keine lange Dauer hat. Bei trocknem Standort der Pflanzen und zunehmender Lufttrockenheit bräunt es sich rasch, schrumpft, fällt zusammen und stellt eine mürbe, braune Masse dar, die theils auf dem Holzkörper aufgelagert bleibt, theils den äußeren, bei Trockenheit sich zurück rollenden, klaffend auseinander weichenden Rindenlappen anhaftet. Solche Stämme erhalten ein brandiges Aussehen und sind von der Kultur am besten ganz auszuschließen. Bei der Leichtigkeit, mit der solche Unterlagen auf kräftigem Boden wieder herangezogen werden können, wäre der Verlust durch die Krankheit minder empfindlich, wenn er nicht grade die Topfexemplare, die veredelt worden sind, beträfe und die Anzahl der



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



Veredlungen bedeutend verringert würde. Man muß also sehen, dem Uebelstande abzuhelfen, indem man die Ursache dieser Beulenbildung hinwegnimmt.

Diese Ursache ist nach dem anatomischen Befunde in einer lokalen Anhäufung von Wasser zu suchen.

Ich bin nicht der Ansicht, die in der Praxis ausgesprochen wird, daß eine überreiche Ernährung der Pflanze die Schuld trage, sondern einfach, daß an einzelnen Stellen der Achse ein Wasserüberschuß sich geltend macht. Wäre hier gleichzeitig eine Anhäufung von plastischem Material, so würde sich dieselbe durch reiche Zellvermehrung vorzugsweise äußern; das ist aber nicht der Fall. Zählt man die Zellen in derselben Stammhöhe an der gesunden (Fig. 3 N) und kranken (Fig. 3 W) Seite, dann findet man nur ein unbedeutendes Uebergewicht an Letzterer. Es ist demnach vorzugsweise Zellstreckung, also vermehrte Turgescenz, d. h. vermehrter Innendruck, hervorgebracht durch übermäßige Wasseraufnahme, zu finden. Die durch vermehrtes Wachsthum der inneren Theile einer holzigen Achse hervorgerufene Querspannung ist durch G. Kraus eingehender studirt worden. Ebenso zeigen die Messungen von Kaiser[1]) daß die Rinde periodisch radial dicker und gespannter wird in den die Turgescenz der Gewebe erhöhenden Nachtstunden. Die Zeit der größten Temperaturerhöhung, also die der ersten Nachmittagsstunden, weist den geringsten Baumdurchmesser auf. Indessen gehen Temperaturerhöhung und Abnahme der Spannung ebenso wenig gänzlich parallel, wie die umgekehrten Zustände, was meiner Meinung nach darin liegt, daß nicht die Temperatur direkt, sondern die von derselben beeinflußte, aber nicht ausschließlich geregelte Turgescenz der Zellen die Dickenschwankungen hervorruft.

Diese Anhäufung von Wasser an einzelnen Stellen erklärt sich durch die Behandlung der Ribes-Stämmchen bei der Vorbereitung zur Veredlung. Um schlanke, schnell in die Höhe gehende Stämmchen zu erzielen, muß man die anderen, seitlich entspringenden Schößlinge wegnehmen und an den jungen Stämmchen selbst die Seitenzweige zurückschneiden. Da solche kräftige Ruthen häufig anticipirte (vorzeitige) Triebe machen, so müssen auch diese zurückgeschnitten werden. Durch die Bildung vorzeitiger Triebe wird an den jungen Stämmchen im nächsten Frühjahr die Zahl der leicht zu weckenden Augen sehr vermindert. Solche leicht erweckbare, kräftige, einjährige Augen sind es aber vorzugsweise, die durch den sich im Innern des Stämmchens steigernden Wasserdruck bei beginnendem Antreiben die Verbrauchsheerde für das von der Wurzel gelieferte Wasser darstellen.

Sind nun die Stämmchen gut angewurzelt, werden sie im Warmhause schnell angetrieben und die an und für sich schon spärlich vorhandenen Augen

[1]) Kaiser: Ueber die tägliche Periodicität der Dickendimensionen der Baumstämme. Inauguraldissertation 1879, Halle, cit. in Forsch. auf d. Geb. der Agrik. Physik 1880, S. 78.

noch dadurch vermindert, daß man die aus ihnen sich entwickelnden Triebe einstutzt oder gänzlich entfernt, dann werden solche Parthien des Stengels, an denen naturgemäß der größte Wasservorrath sich ansammelt, leicht in die Lage gebracht werden, Wasser im Uebermaaß aufzunehmen. Sind derartige Parthien aus noch streckungsfähigen Zellen gebildet, dann macht sich die übermäßige Wasseranstauung in einer schlauchförmigen Verlängerung der jüngeren Rindenzellen und der Bildung derartig beulenartiger, schließlich aufreißender Auftreibungen geltend.

Die Orte, an denen naturgemäß der Wasserauftrieb am meisten zur Geltung kommt, sind die Gipfelregion des senkrechten Triebes und die Ansatzzellen der Augen, an denen durch veränderten Gefäßbündelverlauf und reichere Parenchymbildung der Achsenkörper lockerer ist. Hier werden sich also die Störungen vorzugsweise gern zeigen; außerdem werden frühere Wundstellen sich auch geeignet für die Beulenbildung erweisen, welche demnach mit Recht den Namen „Wassersucht“ führt.

Die auf meine Bitte im Jahre 1879 von dem Vorsitzenden des Gartenbauvereins zu Pankow bei Berlin, Herrn Handelsgärtner Sabeck, unternommenen Versuche, durch reiches Gießen und schnelles Antreiben gut bewurzelter Exemplare im Warmhause die Wassersucht hervorzurufen, haben sehr schöne, positive Resultate ergeben.

Die Mittel gegen die Krankheit werden in einer Erhaltung möglichst zahlreicher, einjähriger Augen und in Vermeidung eines zu schnellen Antreibens, sowie eines zu frühen Einstutzens der Triebe bei der Veredlung zu finden sein. Maurer[1]) verwendet mit Vortheil Ribes nigrum statt aureum als Veredlungsunterlage. Herr Obergärtner Hotzel in Mödling theilte mir mit, daß ein Aufritzen der Rinde, also Schröpfen, dem Uebel Einhalt thun soll.

Aehnliche Erscheinungen von Wassersucht gelang es mir, bei Rosen zu beobachten und bei Pflaumensämlingen in Wasserkultur zu erhalten; die zu tief in's Wasser gesetzte Stammbasis barst bei denjenigen Exemplaren, welche vorher an diesem Theile der Luft ausgesetzt gewesen. Wassersüchtige Rinde zeigte sich bei tief in nassem Sande kultivirten, jungen Pflanzen von Phaseolus vulgaris, wie die beigegebene Figur 5 darstellt. Im Jahre 1882 sah ich am 16. Juli auf Feldern bei Proskau aufgerissene Kartoffelstengel und Wurzeln von Beta vulgaris. Nach geringer Winterfeuchtigkeit und einer trocknen Frühjahrsperiode folgte im Juli viel Regen. Außer Vergrünungserscheinungen bei Klee ließ sich ein Faulen der Rübensämlinge und einzelner Triebe der Kartoffelsorte Early Rose bemerken. Auf leichtem Boden und an den höchstentwickelten Pflanzen war die Erscheinung zuerst bemerkbar, was sich dadurch erklären läßt, daß diese Pflanzen sich bereits am meisten der Trockenheit angepaßt hatten und am

[1]) Der Obstgarten 1879, S. 182.

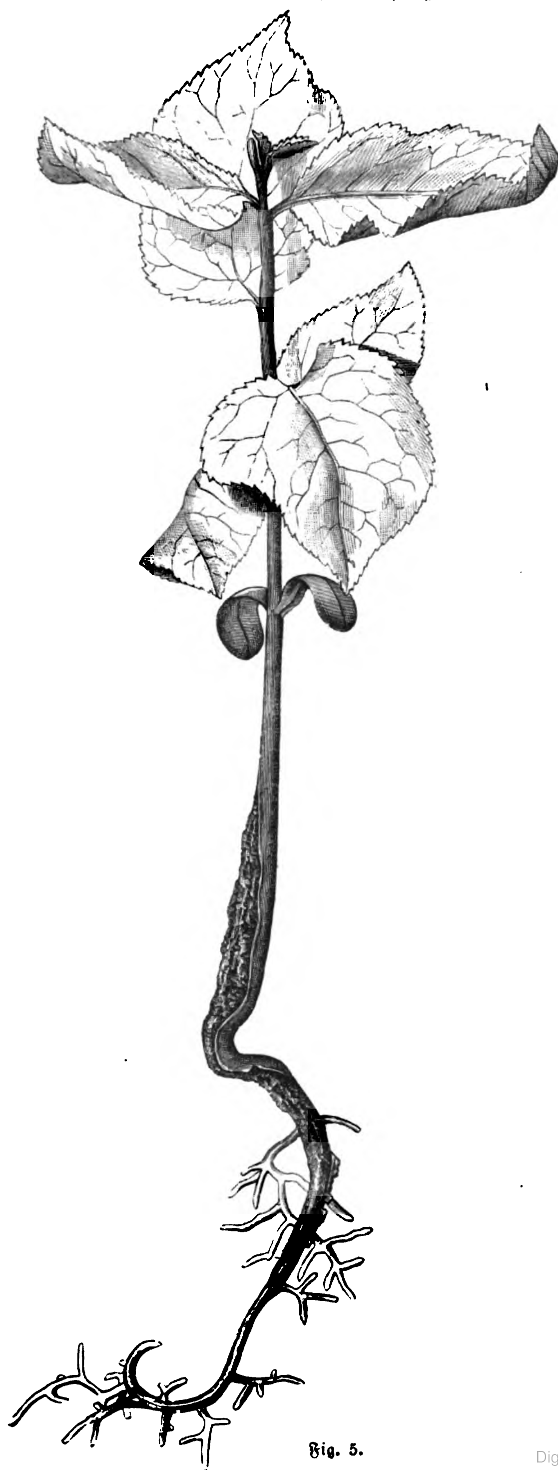


Fig. 5.

wenigsten sich der folgenden anhaltenden Feuchtigkeit accomodiren konnten. Die Rüben waren der Länge nach aufgerissen und hier, wie bei den Bohnen und Kartoffeln, siedelte sich Pilzvegetation an.

Als Beweis für meine Ansicht über die Entstehung der Wassersucht möchte ich auch die Untersuchungen von Levakoffski[1]) an Epilobium hirsutum, Lycopus europaeus und 2 Spezies von Lythrum anführen, welche sämmtlich theils im Wasser, theils auf dem trocknen Lande sich entwickeln können. Der Vergleich von Wasser- und Landexemplaren lehrt, daß bei den Wasserpflanzen zwischen Cambium und Rindenparenchym zwei Reihen farbloser, chlorophyll-loser Zellen, die 3—4 mal länger als breit sind, existiren, welche bei den Landexemplaren fehlen. Dieser Unterschied schärft sich um so mehr zu, je ältere Pflanzentheile man miteinander vergleicht. Unterhalb des Wasserspiegels werden diese beiden Zellreihen zu einem dicken, lacunösen Gewebe. Epidermis und Rinde gehen hier bald zu Grunde. Die Zellen, welche dieses besondere Gewebe darstellen, bilden sich aus dem Cambium.

Blattsprossung (Emergentia).

Eine Erscheinung, welche als den Blattauftreibungen verwandt zu betrachten ist, sich aber durch reiche Gewebeneubildung unterscheidet, besteht in dem Hervortreten von Blattmasse aus der Fläche älterer Blätter. Solche Sprossungen der Blattfläche bestehen manchmal nur in wall- oder schwachflügelartigen Fortsetzungen der Blattsubstanz, welche aber selten in der Richtung des alten Blattkörpers verlaufen, sondern mehr oder weniger senkrecht von der Fläche desselben sich erheben; manchmal sind aber die Sprossungen so bedeutend, daß sie in kleineren Dimensionen wiederum Blätter darstellen, welche einzeln oder zu mehreren aus dem Mutterblatte herauswachsen. Die höchste Entwicklung derartiger Sprossungen sah ich an einem Blumenkohlblatte, bei welchem auf der erst hervorgesproßten Blattfläche sich durch Sprossung wiederum ein neuer großer Blattlappen gebildet hatte.

Eine andere Form der Sprossung bildet Masters[2]), der diese teratologische Erscheinung als „Enation" bezeichnet, auch von einem Kohlblatte ab; hier sprossen senkrecht aus der Mittelrippe zahlreiche Blattflügel von verschieden großer Ausdehnung. Die Mittelrippe hat nicht blos auf der Unterseite die halbmondförmig angeordneten, normalen Gefäßbündel, sondern eine zweite convexe Reihe von Bündeln auch auf der Oberseite des Blattstieles. Derselbe Autor spricht auch von einem Orangenblatte, aus dessen Mittelrippe unterseits noch eine Blattfläche hervorsproßte, so daß es den Anschein hatte, als ob 2 Blätter

---

[1]) Levakoffski: De l'influence de l'eau sur la croissance de la tige et des racines de quelques plantes. (Mém. de l'université imp. de Kazan 1873, Nr. 5, cit. in Bot. Zeit 1875, S. 696.

[2]) Végétable Teratologie 1869, S. 445.

mit ihren Rückenflächen verwachsen gewesen, was aber nicht stattgefunden hatte. Bei Aristolochia Sipho l'Hér. scheint ein Aufreißen und Sprossen der Blattsubstanz nicht gar zu selten zu sein. Magnus beobachtete sie an Blättern aus Potsdam; ich fand die Erscheinung in Proskau an einem von 2 dicht nebeneinanderstehenden Exemplaren. Hier umgab auch die sprossende Substanz wallartig, wie bei den Blättern aus Potsdam, schmale, unregelmäßige, oft strichartige Felder, die dünner als die übrige Blattsubstanz waren. Magnus [1]) der das Material genauer untersuchte, fand, daß in den helleren Stellen zwar die Zellen ebenso, wie in den andern Blatttheilen angelegt erschienen, aber klein geblieben und ohne größere Intercellularräume aneinander gelagert waren; dabei war die Chlorophyllbildung eine äußerst spärliche. Die Emergenzen sind in ihrer schwächsten Entwicklung nur niedrige Leisten und selten bilden sie größere Flügel. Ueberall aber zeigt sich die auch anderweitig beobachtete morphologische Beziehung, daß die der erzeugenden Blattfläche zugewandte Seite der Blattemergenz die morphologische Natur derselben theilt, daß mithin auf der Blattunterseite die derselben zugewandte Seite der Sprossung auch zur Unterseite wird.

Bei Glorinien [2]) (Gl. [Ligeria] speciosa Ker.) treten häufig aus der Rückseite des basalen Theils der Mediane der mit einander verwachsenen Blumenblätter zungenförmige Sprossungen auf, deren gegen die Rückseite der Blumenkrone gewendete Fläche auch Rückenseite ist. Ebenso verhält es sich mit den secundären Fruchtblättern in monströsen Mohnblüthen, die ebenfalls Rückensprossungen aus der Mediane der normalen Fruchtblätter sind, wobei auch die gleichnamigen Seiten aneinander liegen, somit also die Ovula tragende Oberseite nach außen, dem Kelche zugewendet, liegt. Čelakowsky [3]) erklärt die Bildungen für umgewandelte Staubgefäße. Ein bestimmter Ort für die Bildung der Excrescenzen existirt nicht. In einem ebenfalls von Magnus [4]) beobachteten Falle an Rechsteineria alagophylla Rgl. entsprangen die abnormen Sprossungen auf der Oberseite der Mittelrippe, was auch Wydler [5]) bei einer andern Gesnera (spicata?) sah. Dagegen fand Magnus bei Gesnera splendens v. Houtte die Excrescenzen auf der Blattunterseite mitten zwischen 2 Seitennerven entstanden, wie dies von Aristolochia Sipho angegeben und Urban an Spiraea salicifolia gesehen hat.

Schädigungen der Funktion treten durch solche Sprossungen nicht hervor; bei Glorinien haben die Gärtner mit Erfolg versucht, diese Eigenthümlichkeiten der Entwicklung weiter auszubilden und als floristische Neuheit zu verwerthen.

Einem Wiedererwachen der Sproßkraft sind z. B. die Mißbildungen zu-

[1]) Sitzungsberichte d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XIX v. 27. Juli 1877.
[2]) Masters l. c., S. 451.
[3]) Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. XI, S. 159.
[4]) Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XXIII v. 24. Juni 1881.
[5]) Flora, Regensburg 1852, S. 737.

zuschreiben, denen man bei Hutpilzen begegnet, die nach einer Trockenperiode eine erneuete Feuchtigkeitsperiode durchzumachen hatten.

Ludwig[1]) beschreibt solche sprossende Hutpilze von **Hydnum repandum L.** Nach einer Hemmung in der Entwicklung durch trockne Tage zeigten sich die gekrümmt in der Erde zurückgebliebenen Hüte plötzlich emporgehoben und derartig gestreckt, daß Theile des Strunkes, welche mit dem gebogenen Hute verwachsen, losgerissen wurden und sich zu secundären Strünken ausgebildet hatten. Ebenso zeigten sich im Oktober bei **Lactarius ichoratus Batsch** in der Trockenheit aus der Mitte des Hauptstrunkes hervorgegangene abgesprungene Strunkfetzen, deren freies Ende wieder zu einem kleinen Hute geworden war.

Nicht selten finden sich Pilze, auf deren Hut ein anderer verkehrt aufgewachsener, mit seinen Lamellen nach oben gerichteter Hut sich befindet. In einigen Fällen läßt sich durch den Nachweis eines dünnen Strunkrudimentes in dem secundären Hute das Zustandekommen der Mißbildung dadurch erklären, daß ursprünglich der obere Hut einem schwächlichen Nachbarexemplare angehört hat. Dieses Exemplar war mit dem stärkeren Hute verwachsen und die verwachsene Fadenschicht durch die Trockenheit fest und zähe geworden. Bei eintretender Feuchtigkeit, die den Strunk des Hauptbildes zu schneller Streckung veranlaßte, riß der starke Pilz den anklebenden seitlichen Hut von dessen eignem Stiele ab und trug ihn auf seinem Hute in die Höhe, ernährte ihn durch sein eignes Gewebe und verursachte damit dessen nachträgliche Vergrößerung.

In der Mehrzahl der andern Fälle indeß erwies sich der neue Hut als eine Aussprossung der Hutsubstanz des Mutterhutes, dessen Fleisch durch eine vorhergegangene Trockenperiode Risse und Sprünge bekommen hatte. Diese Risse ließen, anstatt zu vernarben, neues Hutgeflecht hervorsprossen und Lamellen bilden. Bei **Cantharellus cibarius (L.) Fr.** sah Ludwig 3—4 derartige Sprossungen entstehen. Aehnliche, bald vertikal nach oben gerichtete, bald seitliche Hüte mit nach außen gerichteten Lamellen wurden noch bei Exemplaren aus den Gattungen **Dermocybe, Inoloma, Clitocybe** und **Lactarius** beobachtet.

Diese Fälle schließen sich, meiner Meinung nach, an die vorerwähnten Blattsprossungen phanerogamer Pflanzen an.

Bei den Pilzen dürften sich mancherlei Erscheinungen noch vorfinden, welche als Zeichen vegetativer Sproßthätigkeit gedeutet werden können zu Zeiten, in denen normaler Weise der plasmatische Inhalt der Zelle reproduktiven Zwecken dienen soll. Das Durchwachsen der Promycelschläuche bei Brandpilzen in Wasseraussaat zu Mycelfäden auf Kosten der unterbleibenden Sporidienbildung, die Ausbildung von Wasserformen bei **Botrytis**-Kulturen, wobei die spitzeirunden Conidien lang cylindrisch und astförmig werden können, das Durchwachsen von

[1]) Ludwig: Ueber teratologische, durch Witterungseinflüsse bedingte Bildungen an den Fruchtkörpern der Hutpilze. Bot. Centralblatt 1882, Nr. 43, S. 136.

(unreifen?) Zoosporangien bei Phytophthora zu Keimschläuchen auf Kosten der unterbleibenden Zoosporenbildung wären derartige Beispiele.

Das Sprossen angeschnittener Mooskapseln, das Durchwachsen eines neuen Wurzelhaares in ein altes hinein, wie dies bei Marchantiaceen von Kny beobachtet worden, wäre hier ebenfalls erwähnenswerth.

Aehnliche Neubildungen nach Verletzung der durchwachsenen Zelle führen zur Verjüngung vegetativer Sprosse der Sphacelariaceen (Geyler); ebenso regeneriren sich die Sporangien von Cladochytrium und Saprolegnia. Magnus hat bei Sphacelarien auch Durchwachsungen noch unverletzter, plasmaleerer Scheitelzellen durch die ihnen nächst benachbarte Gliederzelle beobachtet.[1])

Bei Farnkräutern (Adiantum Farleyense und magnificum) sah Magnus[2]), daß die Fiederchen sich in farblose, zarte, aber doch auch von Nerven durchzogene Häutchen am Rande fortsetzten. An der Grenze des grünen und farblosen Theiles entsprangen auf der Unterseite zungenförmige Excrescenzen, welche stärkere Nerven als der farblose Randtheil besaßen. Es waren gleichsam aus der Blattfläche hervortretende Nervenendigungen, wie solche an Mittelrippen phanerogamer Blätter (Croton spirale, Statice Limonium, Deckblätter der Inflorescenzen von Avena etc.) beobachtet worden sind. Da die Excrescenzen nur dann gefunden worden sind, wenn die Blattfiederchen unfruchtbar waren (Farleyense ist bisher überhaupt noch nicht fruktifizirend gefunden worden), so liegt die Vermuthung nahe, daß diese Excrescenzen die vergrünten Fruchtböden der Sori sind.

In wie weit die Fortnahme einzelner wesentlicher Theile üppig wachsender Pflanzen geeignet ist, Turgescenzsteigerung in den andern Gliedern hervorzurufen, sehen wir aus Versuchen von C. Kraus.[3])

Beblätterten Stengeln der russischen Sonnenrose wurde das terminale Blüthenkörbchen genommen. In Folge dessen waren die durch die Blattspurstränge gebildeten 3 Leisten des Stengels, namentlich am oberen Theile angeschwollen, die Blattstiele dick und fleischig, vielfach oberseits aufgesprungen; manchmal sind auch die basalen Blattstielwülste aufgerissen und nicht selten erscheint die Oberfläche der Stengel mit zahlreichen, warzenähnlichen, parenchymatischen Wucherungen verschiedener Form bedeckt.

Nicht zu verwechseln mit den bisher erwähnten Sprossungen phanerogamer Blätter, bei denen die Vermehrung der Blattmasse in ungefähr senkrechter Linie zur normalen Blattausdehnung geschieht, sind die Veränderungen, die durch Vermehrung des Blattparenchyms in der normalen Blattebene entstehen. Es

---

1) Kny: Eigenthümliche Durchwachsungen an den Wurzelhaaren zweier Marchantiaceen. Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenb., XXI.

2) Sitzungsb. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XXIV, Nov. 1882.

3) C. Kraus: Beeinflussung des spez. Bildungsganges von Helianthus annuus durch Entblätterung rc. Forschungen auf d. Geb. d. Agrikulturphysik IV, Heft 5.

kann z. B. das Mesophyll netzaderiger Blätter durch nachträglichen Zuwachs oder Streckung zwischen den Rippen nicht mehr Platz haben und sich nach oben oder unten ausstülpen; wir erhalten dann runzlige bis blasige (bullate) Blätter oder, wenn nur der Rand durch das intercalare Wachsthum seine Blattmasse zwischen den Nerven vermehrt, erhalten wir die krausblättrigen Formen (crispate Blätter), die als Gartenvarietäten ebenfalls weite Verbreitung haben. Besondere Aufmerksamkeit haben in neuerer Zeit die krausen Farne erlangt, von denen Masters bereits ein Nephrodium molle [1]) abbildet.

Gar nicht selten äußert sich aber auch die Vermehrung des Blattparenchyms bei ganz normaler Lagerung, so daß ein Blatt nur außergewöhnliche, riesige Dimensionen annehmen kann; nehmen alle Blätter und auch noch die Achsen an der außergewöhnlichen Vergrößerung theil, dann bezeichnen wir den ganzen Prozeß mit dem Namen der „Verriesung" (Gigantismus). Bisweilen sehen wir nur in einem Theile der Blattfläche die zu einzelnen Seitenrippen gehörigen Blattmassen sich zu abnormer Größe entwickeln, und es tritt dann der Fall ein, daß außergewöhnliche Blattlappen auftreten, die sich unter Umständen auch ganz selbständig von dem Hauptblatte abtrennen und nun als kleinere, neuere Blätter an der Basis der Mittelrippe des Hauptblattes auftreten. Wir erhalten somit eine abnorme Vermehrung der Blattzahl (Pleiophyllie). Von Ulmen und Haselnuß sind solche Fälle beschrieben und Aehnliches findet man bisweilen an vierblättrigem Weißklee. Verhältnißmäßig häufig gewahrt man die Vermehrung des Parenchyms an der Blattspitze, wodurch je nach der verschiedenen Intensität des Wachsthums einfache, aber zweispitzige Blätter mit gegabelter Mittelrippe oder (durch Spaltung der ganzen Mittelrippe) zwei isolirte Blattflächen mit gemeinschaftlichem Blattstiel erzeugt werden. Besonders üppige Triebe, namentlich Stockloden, die nach der Fällung der Bäume aus den Stumpfen hervortreten, sind am meisten zur Produktion derartig wuchernder Blattformen geneigt.

Im Gegensatz zu den Variationen, bei denen die Hypertrophie der Blätter sich in ungewöhnlicher Ausbildung des zwischen den Nerven liegenden Parenchyms geltend macht, sind nun Erscheinungen zu erwähnen, bei denen das Wachsthum der Rippen, namentlich der Mittelrippen dominirend wird und die Blattfläche oft unter die normale Größe herabdrückt. Ein Beispiel für das ungleiche Wachsthum der Mittelrippe sehen wir in den lockig gedrehten Blättern, die im Allgemeinen unter den Begriff der Kräuselung fallen. Es wächst hierbei die Oberseite der Rippe mehr als die Unterseite, und zwar die eine Hälfte auch noch stärker als die andere, so daß das Blatt sich nach rückwärts spiralig dreht (Salix, Fraxinus, Robinia). Mit Verlust an Blattfläche kann die Mittelrippe bei Varietäten von Beta Cicla sich verbreitern; bei den

[1]) Vegetable Teratology, S. 447.

durch Milben (Phytoptus) veranlaßten, traubenförmigen Deformationen an Zitterpappeln sehen wir den eine dichte, gekrauste Traube darstellenden Zweig mit Blättchen besetzt, die oft bandartig breite Blattstiele, aber wenig Fläche haben.

Die Entstehung von vollkommenen Knospen auf Blattflächen oder an Blatträndern ist eine sich hier anschließende Erscheinung von lokalem Nährstoffüberschuß. Auszunehmen sind hiervon diejenigen Adventivknospenbildungen, welche an Wundflächen der Blätter entstehen, also durch einen besonderen Wundreiz hervorgelockt werden. Einzelne Beispiele letzterer Art finden im Kapitel „Wunden bei Blattstecklingen" ihre Erwähnung. Knospen auf dem unverletzten Blatte, und zwar bald auf dem Blattstiel, der Lamina oder dem Rande sind z. B. ein häufiges Vorkommniß bei manchen Farnen (vivipare Formen), bei denen sie in den normalen Entwicklungscyclus [1]) eintreten, grade so wie die auf feuchter Unterlage am Blattrande sich bildenden Knospen bei Bryophyllum calycinum. Oft beobachtete, nicht normale Fälle sind die Knospenbildnngen bei Cardamine pratensis, Drosera intermedia, Arabis pumila, Chelidonium majus. Bei Begonia gemmipara Hook. und phyllomamiaca Mart. sollen aus Blattstielen und Rippen Knospen entstehen, während die die Blätter bedeckenden Schuppen zu wirklichen Blättchen sich umbilden können. [2]) Duchartre sah aus den Blättern von Solanum Lycopersicum kleine, beblätterte Zweige hervorgehen, welche ebenfalls nur aus Adventivknospen entstanden sein können.

A. Braun beobachtete an den Blättern und namentlich an den Stengeln der Kulturformen von Calliopsis tinctoria ebenfalls Knospen. [3])

Knospensucht. (Blastomania A. Br.)

Unter diesem Namen seien diejenigen Erscheinungen zusammengefaßt, bei denen an der Achse meist krautartiger Pflanzen massenhafte, adventive Knospen entstehen. Der am besten studirte Fall dieser Art ist der oben von Calliopsis tinctoria erwähnte. Die Pflanze ist an und für sich schon sehr sproßreich, da sie bis zum letzten Blattpaare unter dem Blüthenkörbchen in jeder Blattachsel meist 2—3 Sprosse erzeugt. Von diesen wohl unterschieden sind die Adventivsprosse, welche ordnungslos in Masse an allen Theilen der Internodien entstehen können. An einem 15—20 cm langen Stengelgliede sind bisweilen gegen 300 gezählt worden; ja es fanden sich Fälle dichtester Zusammendrängung, wo ihre Zahl wohl 1000 überstiegen haben mag. Bei solcher Fülle blieben die sämmtlichen Knöspchen, welche wie kleine Wärzchen erschienen, meist unent-

[1]) Magnus in Verh. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XII, S. 161.

[2]) Master a. a. O., S. 170.

[3]) A. Braun: Ueber abnorme Bildung von Adventivknospen am krautartigen Stengel von Calliopsis tinctoria Dec. Verhandl. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XII, S. 151.

wickelt. Daß eine solche Verwendung des Nährmaterials der Pflanze eine Verkümmerung der sie tragenden Achse hervorrufen muß, ist leicht einzusehen. In der That beobachtete A. Braun eine Hemmung des Längenwachsthums bei Zunahme an Dicke der betreffenden Stengelglieder. Mit der Anschwellung ist dann oft eine hakenförmige oder schneckenförmige Krümmung, knauelförmiges Aufwickeln der Triebe u. dgl. verbunden. In dieser Weise angegriffene und monströs veränderte Spitzen werden zuweilen vor der Zeit braun und sterben ab. Bei höheren Graden der Erkrankung zeigten sich auch die Blüthen verändert; die zungenförmigen Kronen der Strahlblüthen sind kürzer und weniger regelmäßig, als gewöhnlich; die Achänen scheinen sich in geringerer Zahl auszubilden. Wenn von den gedrängt stehenden Knöspchen sich einzelne weiter entwickeln, bilden sie 1—3 kleine, nur wenige Millimeter lange Blättchen, welche dem ganzen Stengel dann ein bemoostes Ansehen verleihen. Zuweilen produziren diese Knospen auch Blüthen, indem sie ein einziges, gestieltes Blüthenkörbchen mit wenigen, schmal schuppenförmigen Blättchen tragen. In der Mehrzahl der Fälle erreichen die Blüthenstielchen nur 6—8 mm Länge mit Köpfchen bis 2,5 mm Durchmesser; doch sind auch Sprosse bis 16 cm Länge beobachtet worden. Bemerkenswerth ist, daß gar nicht selten bandartige (fasciirte) Stengel und Köpfchen anzutreffen sind. Ob dieselben durch Verschmelzen von reihenweis zusammenliegenden Knöspchen entstanden, oder, was wahrscheinlicher, durch Verbreiterung eines Vegetationspunktes hervorgegangen, ist nicht festgestellt worden. Nach den Untersuchungen von Magnus sind die Knospen völlig oberflächliche Bildungen; Gefäßbündel entstehen zunächst in der primären Stengelrinde, und von ihnen aus bildet sich das Gefäßbündelsystem des einzelnen Adventivsprosses.

Genau dem obigen Fall entsprechende Exemplare anderer Pflanzen sind auch bereits bekannt geworden. A. Braun beobachtete eine Lonicera (Xylosteum?), bei der mehrere Internodien ihrer ganzen Länge nach mit mehreren Hundert kleiner Adventivknospen besetzt waren. Magnus (a. a. O.) citirt interessante Beobachtungen von Pringsheim an Utricularia,[1]) bei der auch mitten im Internodium Adventivknospen auftraten.

Unter den gärtnerischen Kulturpflanzen hatte ich bisher zweimal Gelegenheit, ähnliche Fälle zu beobachten; dieselben unterschieden sich von den bisher erwähnten dadurch, daß nur die Stengelbasis übermäßige Knospenwucherung zeigte. Es waren mehrere Centimeter große, fleischige Polster, die an Pelargonium zonale und Dahlia variabilis im Frühjahr erschienen waren und am besten mit fleischigen Kropfmasern verglichen werden könnten. Bei Dahlia war die Veranlassung für diese Hypertrophie wahrscheinlich in der Störung zu suchen,

---

[1]) Pringsheim: Zur Morphologie der Utricularien. Monatsberichte d. Kgl. Akad. d. Wiss. Berlin, Februar 1869.

welche das im März im Warmhause mobilisirte Nährmaterial der Wurzeln dadurch erlitt, daß die am Halse sich zu Trieben entwickelnden Augen alsbald nach ihrer Streckung zu Stecklingen benutzt wurden. Bei Pelargonium war die Knospensucht nicht auf eine bestimmte Ursache zurückzuführen. Jedenfalls lassen sich die zur Stärkung des Mutterexemplars zu entfernenden Knospen als Stecklinge benutzen.

Daß auch bei den Holzpflanzen durch reichliche Ernährung eine Vermehrung der Knospen an den Orten ihrer normalen Entstehung eintreten kann, wird später (bei Maserbildung) erwähnt werden. Ebenso sei hier nur angedeutet, daß die reiche Ernährung sich auch in der Vermehrung der Glieder eines Wirtels äußern kann (Polyphyllie). Es wächst die Anzahl der einzelnen Blätter in der vegetativen oder reproduktiven Sphäre, so daß im letzteren Falle Staubgefäße und Fruchtblätter zahlreicher angelegt werden, ohne daß andere Wirtel in ihrer Ausbildung leiden. Es entstehen auf diese Weise „metaschematische Blüthen", weil das Schema (Zahl und Anordnung) für die Blüthenbildung ein anderes geworden ist. Daß auch Samen mit drei Cotyledonen sich vorfinden können, statt mit zweien, ist bei mehreren Familien beobachtet worden.

Innerhalb der vegetativen Region folgt häufig auf die Polyphyllie auch die Polycladie, d. h. die Vermehrung der Achsen, indem aus den Achselknospen der zahlreicher gewordenen Blätter sich Zweige hervorbilden. Es können aber auch Knospen, welche sonst nur ganz rudimentär angelegt sind, zur Ausbildung und Entwicklung kommen und dadurch Verästelungen von Achsen, die in der Regel einfach sind, hervorgerufen werden.

In anderer Weise findet eine Vermehrung der Achsen bei der Gabeltheilung statt (Dichotomie). Dieselbe kommt wahrscheinlich dadurch zu Stande, daß bei einer Achse zur Zeit der Gabelung soviel Nährmaterial dem Vegetationspunkte zugeführt wird, daß derselbe sich verbreitert, wie bei der Verbänderung (fasciatio), aber nicht in der verbreiterten Form weiter fortwächst, sondern zwei bevorzugte Stellen bildet, die als neue Vegetationskegel unter spitzem Winkel nun die Mutterachse wiederholen. Alle Uebergänge von einer einfachen kammartigen Verbreiterung des Vegetationspunktes bis zur vollkommenen Gabelung findet man in den Blüthenständen der Weberkarden (Dipsacus Fullonum). Derartige Theilungen sind bei mancherlei Blüthenständen schon zur Beobachtung gelangt; manchmal findet man sie bei Plantago und Reseda odorata; selten sind sie bei Nadelholzzapfen.

Eine Bedeutung für die Kultur dürften vielleicht die bei den Getreidearten beobachteten Gabelungen der Aehren erlangen, indem die Möglichkeit vorliegt, reicher tragende Varietäten zu erzielen. Am bekanntesten ist in dieser Beziehung der „Gabelroggen" [1]), bei welchem an Stelle einer einzigen Aehre

[1]) Wittmack: Der sogenannte ästige Roggen. Verhandl. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XIII, S. 142.

der Halm zwei Aehren trägt. Von diesen Gabelungen sind die ästigen Aehren zu unterscheiden, die auf üppiger Weiterentwicklung der Achse der einzelnen seitlichen Grasährchen, also nicht der Hauptachse beruhen.

Von pathologischer Bedeutung werden derartige Erscheinungen erst dann, wenn der Kulturzweck geschädigt wird oder gar die Existenz des Individuums bedroht erscheint. Für letzteren Fall sind noch keine Beispiele bekannt geworden; dagegen liegen für ersteren Fall bereits mehrfache Notizen vor.

In der Regel sehen wir Unfruchtbarkeit oder wenigstens sehr geringen Fruchtansatz bei denjenigen Individuen auftreten, bei welchen Gabelungen der vegetativen Achsen in größerer Zahl bemerkbar sind. In solchen Fällen sind aber die Gabelungen nie allein vorhanden, sondern nur Begleiter anderer Vergrünungserscheinungen, wie z. B. der Umwandlung blüthentragender Sprossen zu laubblatttragenden Achsen, der vorzeitigen (proleptischen) Ausbildung erst kürzlich angelegter Knospen, die im normalen Entwicklungsverlaufe sich erst in dem der Anlage folgenden Jahre zu Trieben entwickeln sollten und dgl. Eine Krankheit, bei der wirkliche Gabelungen neben der Umbildung anderer Organe zu beblätterten Zweigen vorkommen, sehen wir im Gabelwuchs der Reben.

Gabelwuchs der Reben.

In einzelnen Lokalitäten läßt sich bemerken, daß verschiedene Rebsorten die Neigung zu übermäßiger Verästelung annehmen und erblich behalten. Die Art der Verästelung erscheint in Form von Gabelung der Reben, und solche gabelsüchtige Stöcke sind meist wenig oder gar nicht fruchtbar, wie Ráthay[1]), der die eingehendsten Beobachtungen darüber veröffentlicht, in Nieder-Oesterreich vielfach gefunden hat.

Die dortigen Winzer, welche diese zweigsüchtigen Rebstöcke als „Gabler" oder „Zwiewipfler" bezeichnen, geben an, daß die Gabelbildung in sehr verschiedenen Lagen sich einstellen kann. Die Stöcke, die meist in größerer Anzahl neben einander anfangen, diese aborme Wachsthumsrichtung zu zeigen, entwickeln zuerst einzelne, gabelige Verzweigungen und stellen auf diese Weise „unächte" Gabler" vor, wie sie in üppigen Weinbergen allenthalben anzutreffen sein dürften. Dieses Anfangsstadium der Krankheit ist nicht gefährlich, da häufig die Stöcke wieder zur normalen Produktion zurückkehren. Die Gefahr tritt erst durch die Ausbreitung der Zweigsucht über den ganzen Stock und die damit Hand in Hand gehende Erblichkeit der Erscheinung auf.

Die Erblichkeit dokumentirt sich dadurch, daß Stecklinge gabelsüchtiger Reben ebenso wie diejenige Art von Absenkern, die in Nieder-Oesterreich durch „Vergruben" erzielt werden, die Krankheitserscheinung beibehalten.

Eine Ursache dieser Erscheinung ist bis jetzt nicht mit Sicherheit anzugeben.

1) Emerich Ráthay: Ueber die in Nieder-Oesterreich als „Gabler" oder Zwiewipfler bekannten Reben. Klosterneuburg 1883.

Räthay überzeugte sich, daß Parasiten nicht vorhanden sind; die Meinungen der Praktiker gehen weit auseinander. Einzelne glauben, daß Bodenerschöpfung durch intensiven Weinbau die Ursache sei, während Andere meinen, daß ein Anschwemmen von Erde durch heftige Regengüsse oder die Bearbeitung des Bodens während und kurz nach einem Regen einen verderblichen Einfluß ausüben.

Meiner Meinung nach ist diese Krankheit eine Vergrünungserscheinung, also ein krankhaftes Ueberhandnehmen der Produktion vegetativer Organe.

Wenn man nämlich am normalen Weinstock die Triebe betrachtet, so sieht man, daß an den Langtrieben oder Reben (Lotten) sich eine Anzahl Ranken in ziemlich regelmäßiger Anordnung bildet. Nach 2 grundständigen Niederblättern entwickeln sich je nach Kräftigkeit und Charakter der Sorte 20, 30 und mehr Laubblätter, von denen die untersten 3—5 noch ohne Ranken sind, die folgenden aber auf der ihrer Ansatzstelle gegenüber liegenden Seite meist eine Ranke entwickeln. Sehr oft folgt auf je 2 rankentragende Knoten wieder einmal ein rankenloser. Nun ist die Rebe aber als ein Sympodium, d. h. als ein aus wirklich aus einander hervorwachsenden Einzeletagen aufgebautes Ganze aufzufassen und jedes Zweigglied ist eine solche Etage. Die Ranken sind als die Endigungen des nächstunteren Zweiggliedes anzusehen, sind also Achsenorgane, deren Ausbildung von der augenblicklich vorhandenen Ernährungsweise abhängt.

Bald ist die Ranke einfach fadenartig, bald kräftig, groß, getheilt, bald Laubblätter oder Blüthenknospen tragend und im letzteren Falle zur Traube werdend. Zu Blüthenständen werden die Ranken erst bei älteren 4—6jährigen Stöcken und zwar meist nur die erstangelegten 1—6 Basalranken.

Von den in den Blattachseln der Reben entstehenden, schwachen Trieben, den „Geizen", die nur ein Niederblatt haben und aus demselben nun wieder eine Rebenetage entwickeln, während sie aus ihren oberen Augen „secundäre Geize" ausbilden, können wir hier füglich absehen. Ihre schon am zweiten Blatte sich entwickelnden Ranken können dieselben Variationen in der Ausbildung zeigen, wie die der Hauptrebe; ihre Träubchen reifen unregelmäßig, spät oder gar nicht.

Bei den „Gablern" nun findet man die Mehrzahl der Ranken auffallend stark, vielfach verzweigt und in allen Uebergängen bis zum belaubten Zweige ausgebildet, ja denselben Vorgang an den aus solchen verlaubten Ranken entspringenden Secundär-Ranken wiederholt. Wenn eine verlaubte Ranke so kräftig wird, daß sie die nebenstehende Rebe beiseite drängt und in gleicher Stärke und Intensität mit ihr fortwächst, erscheint die Gabelung am deutlichsten.

Daß durch die übermäßige Ausbildung der Seitenorgane das Nährmaterial für die Fortsetzung der Hauptrebe vorzeitig verbraucht wird, ist leicht einzusehen; daher ist auch der kurze, gedrungene, strauchartige Habitus der „Gabler" leicht erklärlich.

Wenn also auf Kosten der Blüthenbildung eine übermäßige Laubentwicklung stattfindet, dann sind bei der Entstehung dieser Wachsthumsstörung also sicherlich Ursachen dagewesen, welche zur Laubblattentwicklung den Stock besonders anregten. Diese Ursachen können einmal vielleicht in zu dichtem Standort oder zu feuchter Lage, ein anderes Mal in zu reichlicher Stickstoffzufuhr oder zu starkem Zurückschneiden der Reben und dergl. bestanden haben. Ist der krankhafte Entwicklungsmodus erst einmal durch mehrere Jahre am Individuum fest und typisch geworden, dann übertragen sich die schlechten Eigenschaften durch Stecklinge oder Senker auch an Oertlichkeiten, die an und für sich das Gabeln nicht hervorrufen würden. Es würden aber jetzt die entgegengesetzten Wachsthumsfaktoren in extremer Einwirkung nöthig sein, wenn die krankhafte Wachsthumsrichtung verbessert werden sollte.

Bisweilen dürften solche günstige Verhältnisse thatsächlich vorkommen und dann die Fruchtbarkeit der „Gabler“ wiederherstellen, wie dies thatsächlich von Mach in St. Michele beobachtet worden ist.

Das sicherste Mittel wird der Ersatz der Gabler durch andere Stöcke sein; vielleicht hilft auch Veredlung mit schwachholzigen Sorten.

Das Abröhren der Weinblüthen.

Unter „Abröhren“ oder „Durchfallen“ verstehen die Weinbauer ein Abfallen der Blüthen bald nach der Blüthezeit. In einzelnen Gegenden ist die Erscheinung eine jährlich wiederkehrende, während sie in andern Lokalitäten sich nur in einzelnen Jahren zeigt, wie z. B. in solchen, in denen die Traubenblüthe durch naßkalte Witterung gestört wird. Müller-Thurgau[1]) hat die einzigen wissenschaftlichen Untersuchungen darüber angestellt, und die folgende Darstellung stützt sich wesentlich auf seine Versuchsergebnisse.

Nach meiner Auffassung ist die Erscheinung auf ein unzeitgemäßes Ueberwiegen der vegetativen Thätigkeit über die bei normalem Wachsthumsgange dominiren sollende Fruchtentwicklung zu betrachten, wie solches bei allen Vergrünungserscheinungen als erste Ursache angenommen werden muß. Eine übermäßige Turgescenz und Lebensthätigkeit der chlorophyllhaltigen Zellen der vegetativen Achsen beansprucht und verwerthet das plastische Material, das zur Ernährung der Blüthe bestimmt gewesen. Eine Veranlassung für dieses Weitertreiben der belaubten Achsen zum Schaden der Blüthentrauben wird unbedingt die niedere Temperatur in der Blüthezeit sein, welche die mehr Wärme beanspruchende Blüthenausbildung zurückhält, während sie sich als vollkommen genügend für die Laubentwicklung erweist. Aber es können auch dieselben Erscheinungen bei warmer, günstiger Blüthenwitterung eintreten und dann sind andere Ursachen vorhanden,

[1]) Müller-Thurgau: Ueber das Abfallen der Rebenblüthen und die Entstehung kernloser Traubenbeeren. Der Weinbau, 1883, Nr. 22.

welche eine übermäßige Laubproduktion vom Beginn der Vegetationszeit an hervorrufen und die fortwachsenden Triebspitzen als dauernd energische Anziehungscentren für die produzirte plastische Substanz erhalten, so daß diese den Blüthentrauben trotz sonst günstiger Bedingungen in nicht genügender Menge zukommen kann. Im ersteren Falle ist die starke Laubentwicklung Folge, im zweiten Falle Veranlassung der mangelhaften Traubenausbildung.

Bei niedriger Temperatur zur Blüthezeit zeigten sich, wie Müller fand, schon vor dem Abheben der Blüthenhülle die Zellen der Narbe in beginnender Bräunung, was auf ein Absterben oder wenigstens eine starke Behinderung des Befruchtungsvorganges hindeutete. Thatsächlich wuchsen die Pollenkörner auf solchen Narben gar nicht oder nur mangelhaft zu Pollenschläuchen aus. Das Abwerfen der Blumenblattkappe ging sehr langsam vor sich oder unterblieb gänzlich. Die Fruchtknoten solcher Blüthen blieben zwar noch einige Zeit, manchmal sogar lange stehen, aber vergrößerten sich kaum. Dasselbe Resultat erhielt Müller, wenn er vor der Blüthezeit die Staubfäden künstlich entfernte und solche kastrirte Blüthen zum Schutz gegen das Anfliegen fremden Pollens in einen Kasten sorgfältig einschloß.

Als Mittel gegen das Abfallen erwies sich das Ringeln (Entfernung eines Rindenringes von 1 cm Höhe) zur Blüthezeit unterhalb der untersten Traube.

Dieser Umstand erscheint sehr beachtenswerth. Es wird durch das Ringeln erreicht, daß das von einem Zweige oberhalb der Ringelstelle hergestellte, organische Baumaterial im Herabwandern über die Region der Ringelstelle hinaus wesentlich aufgehalten wird; es wird aber auch derjenige Theil des Wassers, der in der Rinde aufwärts geht, der Spitzenregion entzogen. Der Zellsaft muß daher concentrirter werden und die Turgescenz der Gewebe sowie die Zellstreckung oberhalb der Ringelstelle herabgemindert erscheinen. Wenn das Abfallen der Blüthen darauf beruht, daß zur Vollziehung des Befruchtungsvorganges und zur Ausbildung des Samens nicht Wärme genug vorhanden, so wird das Ringeln wenig helfen, da trotz des reichlicheren Reservematerials, das der Blume zur Verfügung steht, dieselbe nicht zum erhöhten Anziehungscentrum werden kann. Es ist aber die durch den Befruchtungsvorgang hervorgerufene, größere Bildungsthätigkeit, welche, wie ein Reiz, anziehend auf das Nährmaterial des Blüthenstieles und dessen Mutterachse wirkt und nicht umgekehrt; nicht das Vorhandensein von Nährstoffen veranlaßt den erhöhten Bildungsreiz in der Blüthe.

Wenn die Nährstoffvermehrung der geringelten Rebe allein schon im Stande ist, das Abfallen der Blüthe zu verhindern, dann ist das Abfallen in Folge von Hunger geschehen. Dieser Hunger war aber dadurch hervorgerufen, daß die Triebspitzen oberhalb der Trauben das von den Blättern erzeugte Baumaterial sofort zu neuem Wachsthum verbrauchten und den Trauben nicht

genug zukommen ließen. Da nun nach Müller's Erfahrungen das Ringeln größtentheils hilft, so ist wohl meist nicht die niedrige Temperatur der Grund, daß sich der Befruchtungsakt und die Ausbildung des Samens gar nicht vollziehen können. Das trübe, kühle Wetter während der Blüthe ist besonders günstig für das Wachsthum der beblätterten Triebe. Ein solches Verhungern der Blüthentraube und demzufolge ein mehr oder weniger starkes Abröhren der Blüthen wird auch bei günstiger Blüthenwitterung eintreten, wenn reiche Stickstoffnahrung im Boden ist oder wenn überhaupt bei reichem Nährstoffvorrath und Wassergehalt ein jungfräulicher Boden zur Weinkultur verwendet wird.

Thatsächlich liefert Müller Beispiele für diese Fälle und theilt gleichzeitig Erfahrungen mit, daß bald das Auslassen der Düngung, bald ein langer Schnitt der Reben dem Uebel abgeholfen haben.

Denselben Ursachen schreibt Müller auch das Auftreten kernloser Beeren an der Traube zu, welches in der Regel mit einem theilweisen Abröhren Hand in Hand geht. Die kernlosen Beeren sind größer als die unbefruchtet gebliebenen, die bisweilen auch bis in den Herbst hinein an der Traube verbleiben; sie sind aber nicht so groß, wie die kernhaltigen, normalen Beeren, obwohl sie wie diese sich färben und süß werden. Ja es stellte sich heraus, daß sie früher reifen und süßer wurden, wie die Beeren mit ausgebildeten Samenkernen.

Da die Samenanlage in den kernlosen Beeren nicht viel größer erscheint, als sie zur Zeit der Blüthe bereits gewesen, so muß man annehmen, daß in der Blüthezeit bereits eine Störung stattgefunden habe. Es ist wahrscheinlich, daß in solchen Fällen die Befruchtung wohl vor sich gegangen ist, daß aber entweder augenblicklicher Mangel an passendem Ernährungsmaterial oder eine andere Störung die weitere Entwicklung der Eizelle verhindert hat. Der Reiz, den die Befruchtung auf die Fruchtknotenwand ausübt, ist vorhanden und demgemäß entwickelt sich auch die Beere; da dieselbe nun nichts von dem ihr zuströmenden Nahrungsmaterial zur Ausbildung der Kerne zu verwenden braucht, so schreitet sie den kernhaltigen Beeren in der Entwicklung voraus. Als Beispiel von dem Unterschiede in der Entwicklung mag hier ein Untersuchungsergebniß von Müller bei Riesling angeführt werden. Es hatten am 25. September 1000 Beeren:

kernlos	ein Gewicht von 208,9 g,	und Zucker 10,63 %	Säure 18,2 ‰
kernhaltige	„ „ „ 846 „	„ „ 9,77 „	„ 24,2 „
am 12. Oktober:			
kernlos	ein Gewicht von 231,0 g,	und Zucker 14,7 %	Säure 11,0 ‰
kernhaltige	„ „ „ 898,7 „	„ „ 12,3 „	„ 15,7 „

Bei einem Versuche mit Grobriesling ergaben die nicht geringelten Reben nur unbefruchtete Beeren, welche bald abfielen, während diejenigen Tragreben, welche kurz vor der Blüthe geringelt waren, verhältnißmäßig lange Trauben mit

einer übermäßig großen Zahl kernloser Früchte lieferten, zwischen denen nur vereinzelte, normale Beeren sich befanden.

Diese Bildung kernloser Beeren ist für unsere Verhältnisse eine große Schädigung, da die vorzeitig reifen Beeren bis zur allgemeinen Weinlese schrumpfen und abfallen oder faulen, also keine Verwendung finden. Wenn dagegen diese Ausartung allgemein bei einer Sorte erblich würde, ließe sich dieselbe als ein Vortheil bezeichnen. Wahrscheinlich sind unsern Corinthen und Sultanrosinen, bei denen auch Beeren mit Kernen vereinzelt vorkommen, die Produkte solcher Stöcke, bei denen die Kernlosigkeit der Beeren zur Regel geworden ist. Setzholz von Corinthen soll in andern Gegenden kernhaltige Beeren liefern.

Gegen die Bildung kernloser Beeren ist also ebenfalls das Ringeln am Platze.

Verlaubung.

Plötzliche, nach einzelnen Organanlagen hin gerichtete, reiche Nährstoffzufuhr, welche nach einer irgendwie erlittenen Störung in der gewöhnlichen Entwicklung einer Pflanze auftritt, möchten wir auch als die Ursache einiger anderweitigen Mißbildungen oder Umbildungen betrachten. Diese Erscheinungen mögen unter dem allgemeinen Namen Verlaubung (frondescentia) zusammengefaßt werden. Der Name Verlaubung soll denjenigen Zustand einer Pflanze bezeichnen, in welchem dieselbe eine außergewöhnliche Menge chlorophyllhaltiger, also vegetativer Organe, auf Kosten von Theilen, die der Reproduktionssphäre zuzuzählen sind, bildet. Meist treten solche an Stelle der Blüthenorgane, und in diesem Falle benennen wir die Mißbildung mit dem Namen der rückschreitenden Metamorphose.

Bei dieser letzteren Bezeichnung ist von der Anschauung ausgegangen, daß zunächst sämmtliche seitliche Anhangsorgane einer Achse als Blätter aufzufassen sind, welche je nach ihren verschiedenen Funktionen in Gestalt, Farbe und Bau sich ändern. In morphologischer Beziehung ist ein Laubblatt vollständig gleichwerthig mit einem Staubgefäß oder einem Fruchtblatte. Grade die Teratologie, d. h. die Lehre von den außergewöhnlichen Bildungen (Mißbildungen) liefert die besten Beweise für diese Anschauung. Man findet Mißbildungen, welche die Uebergänge von Staubgefäßen zum Stempel und umgekehrt von Letzterem zu Ersteren darstellen. Man hat ferner beobachtet, daß die Samenknospen oder Eichen an den Rändern der Staubbeutel entstehen können und hat Gebilde aufgefunden, welche, den Staubbeuteln ähnlich, gleichzeitig Pollen und Samenknospen enthielten, ja man hat selbst Fälle entdeckt, die eine Entwicklung von Pollen im Innern des Gewebes der Samenknospen zeigten.[1])

Nehmen wir die in jedem Sommer zu beobachtende Erscheinung hinzu, daß sich Staubgefäße zu Blumenblättern umwandeln, daß Blumenblätter zur

[1]) Master's Vegetable Teratologie, S. 475.

Hälfte gefärbt und zart, zur andern Hälfte grün gefärbt und fester gebaut vorkommen, und man wird sich schwerlich der Folgerung verschließen, daß alle diese Organe nur Modifikationen einer gedachten Einheit sind, die wir Blatt nennen.

Diese Einheit tritt unter gewöhnlichen Vegetationsverhältnissen in Rücksicht auf die verschiedene Arbeit, die erfüllt werden muß, verschieden gebaut auf. Ein jedes dieser Organe kann in das andere übergehen, d. h. kann an einer bestimmten Stelle von einem andern ersetzt werden, sobald die Vegetationsbedingungen ein Bedürfniß dazu im Entwicklungscyclus der Pflanze hervorrufen; denn mehr oder minder ist die Ausbildung der einzelnen Organe der Pflanze das Resultat der vorhandenen Lebensbedingungen, wenn auch erbliche Eigenschaften von großer Constanz den Ausdruck der einzelnen Faktoren verdecken. Mit den Vegetationsverhältnissen kann sich je nach der Intensität der Einwirkung eines einzelnen Faktors der Plan im Aufbau der Pflanze ändern, so daß an Stelle eines Staubgefäßes und Blumenblattes ein Laubblatt u. s. w. auftritt, und dies nennen wir die rückschreitende Metamorphose.

a) Vergrünung. Die Verlaubung dokumentirt sich zunächst als Vergrünung (virescentia), d. h. als einfache Farbenänderung eines Organs, das blattgrün wird, aber seine ursprüngliche Gestalt beibehält.

b) Verlaubung im engeren Sinne. Die Verlaubung im engeren Sinne (Phyllodie, Phyllomorphie) besteht dagegen, wie erwähnt, in der Ersetzung verschiedener, nicht blattartiger Organe durch wirkliche Blätter. Verlaubung kann zunächst bei Hochblättern oder Deckblättern (bracteae) auftreten. Unsere Wegebreitpflanzen (Plantago) zeigen nicht selten die Deckblätter durch wirkliche Stengelblätter ersetzt, ebenso manchmal die Flockenblume (Centaurea Jacea L.) und der Günsel (Ajuga reptans L.); bei manchen Körbchenträgerpflanzen (Compositae) wie beim Gänseblümchen (Bellis perennis L.) und Löwenzahn (Taraxacum officinale Web.) wird der ganze Hüllkelch (involucrum) blattartig. Eine Dahlia wurde gefunden, bei der auch noch die Schuppen des allgemeinen Blüthenbodens durch grüne Blätter ersetzt worden waren.

Bei unsern Doldenpflanzen, wie Kümmel (Carum Carvi L.), Angelica (Angelica silvestris L.) und Mohrrüben (Daucus Carota L.) werden bisweilen die Hüllblätter der Dolden durch wirkliche Blätter ersetzt. Dasselbe findet statt bei den Bracteen des Hopfens, der Weiden, der männlichen Blüthenstände der Wallnuß, der weiblichen Kätzchen der Erle ꝛc. Die große Blüthenscheide von Arum maculatum L. ist manchmal durch ein gestieltes Blatt vertreten.[1]) Nach

[1]) Sehr interessant sind die Bemerkungen von Master über die Verlaubung der Nadelhölzer (Veg. ter., S. 245). Mit der später zu besprechenden Prolification in Verbindung tritt häufig eine blattartige Beschaffenheit der Deckblätter ein. Dabei werden die Schuppen gekerbt und zweitheilig und zeigen zwischen den Lappen das Rudiment einer Knospe, welche in einem weiteren Stadium zu einem blättertragenden Zweige entwickelt wird, wie dies ziemlich häufig bei Larix europaea bisher beobachtet worden ist.

Eichler nehmen die Schuppen der männlichen Kätzchen der Araucaria-, Podocarpus- und Cupressus-Arten bisweilen das Ansehen von Blättern an.

Von der Verlaubung des Kelches ist bei dem häufigen Auftreten dieser Mißbildung nicht nöthig, spezielle Beispiele anzuführen. Unsere Rosen, Fuchsien, Schmetterlingsblüthler weisen in jedem Jahre Beispiele auf, bei denen die Kelchblätter durch wirkliche Laubblätter ersetzt werden. Nicht so häufig ist die Verlaubung der Corolle und, wo wir dieselbe grün sehen, ist erst zu prüfen, ob dies nicht einfache Vergrünung, also Blüthenbau mit Blattfärbung ist, was bei der Königskerze (Verbascum nigrum L.), der Lonizere (Lonicera Periclymenum L.) und der spanischen Kresse (Tropaeolum majus L.) in der That beobachtet worden ist. Noch seltener dürfte das alleinige Auftreten von Blättern an Stelle der Staubgefäße sein. In Verbindung mit der Verlaubung anderer Organe ist es dagegen eine ziemlich häufige Erscheinung, ebenso wie die Umwandlung der Pistille in Laubblätter, die z. B. bei der gefüllten Kirsche sehr schön zu Tage tritt. Hier ist der Stempel durch zwei schmale Blättchen vertreten, deren Mittelrippe zu einem kurzen Griffel mit unvollkommener Narbe verlängert ist. Grade der untere Theil des Stempels, der den Fruchtknoten darstellt, ist am meisten der Verlaubung unterworfen. Dann verwachsen oft die Ränder der einzelnen Fruchtblätter gar nicht mehr mit einander und die Samenknospen, die sonst eingeschlossen, liegen frei und sind häufig auch zu blattartigen Organen umgewandelt. Bei Tulpen (Tournesol), die in fettem Boden stehen, zeigen sich die Erscheinungen recht häufig; bei einzelnen gefüllten Anemonen und Ranunkeln sieht man in manchen Jahren in den Blumen ein grünes Herz, das vielfach solche offne Fruchtblätter aufweist. Mohrrüben und andere Doldengewächse zeigen bisweilen die ganzen Stempel blattartig, wobei sich der untere Theil derselben, der Fruchtknoten, von dem Kelche löst und oberständig wird. Gärtner behaupten, daß solche Veränderungen häufig dann auftreten, wenn halbgefüllte Blumen mit dem Pollen ähnlicher Blumen befruchtet werden. Ja, die Samenknospe selbst[1]) ist vielfach der Verlaubung unterworfen. Grade

[1]) Besonders merkwürdig sind die Verlaubungen der Samenknospen oder Eichen. Wir folgen hierbei der Darstellung von Master (a. a. O., S. 262 ff.) Bei Adonis und Nigella sind von A. Braun Eichen beobachtet worden, bei denen die äußere Eihaut in eine blattartige, gelappte Masse, ähnlich den gewöhnlichen Blättern, verwandelt war. Bei den Primulaceen sind die Umänderungen der Ovula häufig. In den von Unger bei Primula sinensis beschriebenen Fällen, wo ein Theil der Blumenblätter laubartig gewesen, waren die Fruchtblätter gar nicht vorhanden, und an Stelle einer freien, centralen Placenta befand sich ein Kreis von Blättern, an deren Rande hier und da unvollkommene Samenknospen saßen. Brogniart beschreibt Mißbildungen von derselben Pflanze, bei welchen die Samenknospen ganz oder theilweis in schmale 3—5 lappige Blätter umgebildet worden waren. Ebenso Cramer, der an der chinesischen Primel die Samenknospen in der Form gestielter Blätter fand, deren Ränder oft eingerollt und deren innere Oberfläche einen kleinen nucleus trug. Master bildet blattartige Eichen von Sinapis ab, die mit langen Stielen an der Placenta saßen; Aehnliches beobachtete er bei Brassica

durch diese Mißbildungen erlangt man eine deutlichere Einsicht in die morphologische Bedeutung der Samenanlage. Man findet, daß dieselbe eine Neubildung auf den allerverschiedensten Pflanzentheilen darstellt. In wenigen Fällen scheint sie die unmittelbare Fortsetzung der Achse zu sein, wie bei den Knöterricharten (Polygonaceen); öfters erscheint sie ihrer Stellung nach ein Blatt zu sein, das an der Achse seitlich entspringt, wie bei den Primeln (Primulaceen); meist aber ist sie eine Neubildung auf einem Blatte selbst, sei es an dessen Rande, oder in der Mitte und kann dann einem Fiederblättchen, einem Blattzahne oder gar einem Haare entsprechen (Drosera).

Gestützt auf die in der Anmerkung gegebenen Beispiele und auf die eingehenden Untersuchungen von Cramer[1]) kommen wir zu dem Schlusse, daß

---

oleracea. Derselbe Autor erwähnt einer Abbildung Caspary's von Trifolium repens: nach C.'s Angaben entspringen die Samenknospen am Rande eines blattartigen Fruchtblattes. Der Eikern schien als kleine Knospe von der Oberfläche der blattartigen Eihüllen auszugehen. Planchon kam bei der Prüfung von monströsen Blumen von Drosera intermedia zu dem Schlusse, daß hier die Ovula analog den Haaren sind, die an den Blatträndern stehen, da alle Uebergänge von der Verschmelzung von vier drüsigen Haaren und dem concaven Blatte bis zum vollkommenen Eichen aufzufinden waren. Brogniart beschreibt Eichen von Delphinium elatum L., die in Form schmaler Lappen des Carpellblattes auftraten.

Cramer zeichnet einen Fall von Delphinium elatum, wo der nucleus der Samenknospe als ein neu entstandener Wachsthumsheerd auf der Oberfläche der Blattlappen erscheint. Das merkwürdigste Beispiel ist durch Berkeley bekannt geworden. Die Placenta einer Gartennelke trug nicht nur Samenknospen, sondern auch Fruchtblätter, wobei die Letzteren aus einer Umwandlung der Ersteren entstanden sind, so daß Uebergänge vom Ovulum bis zum ovarium beobachtet wurden. Einige dieser Carpelle, welche von den Samenknospen abstammten, trugen sekundäre Ovula an einer randständigen Placenta. Der nucleus der Ovula war aber nicht entwickelt. Master, dem wir diesen Fall entlehnen (a. a. O., S. 269), fügt hinzu, daß in den meisten Fällen, wo die Integumente verlauben, der nucleus fehlt oder als kleinzellige Papille angelegt ist; nur in sehr seltenen Fällen ist er ausgebildet vorhanden. Es fehlt jedoch auch nicht an Beispielen, wo der Kern der Samenknospe zu einem kleinen Zweige auswächst. Unter andern wird eine Abbildung von Schimper citirt, die an Nigella damascena den nucleus durch einen beblätterten Trieb vertreten darstellt. Die Integumente waren wenig verändert. An einem der Blättchen dieses Triebes war ein unvollkommenes Ovulum zu finden.

[1]) Schleiden, Schacht, A. Braun, Hallier halten die ganze Samenknospe für eine wirkliche Knospe, also ein Achsengebilde. Der nucleus entspricht dem Ende der Achse, und die Integumente sind etwa als Knospenschuppen zu betrachten. Reißeck, Brogniart und namentlich Cramer kommen zu dem Schluß, daß der hauptsächlichste Bestandtheil der Samenknospe, der nucleus nämlich, kein Achsengebilde, sondern das Erzeugniß eines Blattes oder Blattzipfels sei, welche sich um den Knospenkern wölbend, die Integumente darstellen. Während der nucleus also nach der einen Ansicht zuerst sich bildet, geben Cramer's Beobachtungen das bestimmte Resultat, daß der Eikern erst später an einem anfänglich zelligen Auswuchs der Placenta entsteht. (Bildungsabweichungen bei einigen wichtigen Pflanzenfamilien und die morphologische Bedeutung des Pflanzeneies. Zürich 1864, S. 130 u. Bot. Zeit. 1868, Nr. 15.)

die Samenknospe aus zwei sehr ungleichwerthigen Theilen besteht. Der eigentliche und wesentlichste Theil ist der Knospenkern, der nucleus. Dieser entsteht als neuer Vegetationsheerd, als Anfang eines neuen Organs, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle als seitlicher Auswuchs eines Blattes oder Blatttheils, welche in Gestalt von Integumenten denselben umgeben. Bei normaler Ernährung der Pflanze bleibt der nucleus im Längenwachsthum stehen; dagegen bildet sich in seinem Innern die weibliche Geschlechtszelle, die Eizelle, aus, welche erst durch den Befruchtungsakt zum Embryo, zur neuen, selbständigen Pflanze wird.

Aendern sich dagegen die Vegetationsbedingungen derart, daß die Pflanze ihr plastisches Material zur Produktion neuer, vegetativer Organe verarbeiten muß, dann bleibt die Ausbildung der Anlagen aus der reproduktiven Sphäre stehen resp. es unterbleibt überhaupt die Anlage von Samenknospen, und statt derselben (in manchen Fällen vielleicht auch aus denselben) entwickeln sich Laubsprosse. Aus der Analogie mit andern Vergrünungserscheinungen, bei denen thatsächlich eine schon ausgeprägt für die Reproduktionssphäre bestimmtes und veranlagtes Organ, dennoch bei seiner Entfaltung theilweis vegetativen Charakter annehmen kann (Staubgefäß, das halb Blumenblatt geworden 2c.), müßte man schließen, daß auch ein zarter Meristemkegel einer Eianlage direkt in eine Laubachse auswachsen kann. Nach den Untersuchungen von Čelakovsky scheint dies freilich nicht der Fall zu sein; nach den später zu erwähnenden Beobachtungen von Penzig jedoch glaube ich, daß dies auch vorkommen kann. Die pathologisch gesteigerte Wachsthumsrichtung oder „Sproßkraft“ [1]), welche sich durch Produktion eines erneueten Laubapparates geltend macht, tritt (nach Čelakovsky) bei den Ovularsprossen in der Weise hervor, daß die Eianlagen verkümmern und statt dessen neue, nur zu vegetativer Thätigkeit fähige Meristemkegel, also Caulom-Anlagen entstehen. Čelakovsky [2]) fand nämlich bei Alliaria officinalis, daß Eikern und Ovularsproß an verschiedenen Stellen des Ovularblättchens entstehen und selbst gleichzeitig neben einander auf demselben Ovularblättchen vorkommen können. Der Ursprung dieser Adventivsprosse ist exogen aus der Oberfläche des Ovularblättchens, wie die Blattknospen der Farne, die abnormen Blatt- und Stengelknospen von Calliopsis bicolor, die Blattknospen von Cardamine pratensis 2c. Von einem Durchbrochenwerden des Parenchyms des Ovularblättchens ist nirgend eine Spur zu sehen.

Der Kampf zwischen den beiden Wachsthumsrichtungen, nämlich der normalen, auf die Ausbildung der (morphologisch zu erwartenden) Reproduktionsorgane hinzielenden und der (vegetative Organe erzeugenden) Sproßkraft, äußert sich also bei der Vergrünung des Eichens, meiner Meinung nach, entweder in der

---

[1]) Flora 1874, S. 178.

[2]) Čelakovsky: Vergrünungsgeschichte der Eichen von Alliaria offic. Bot. Z. 1875, S. 129.

Versprossung den Namen Achselversprossung (ecblastesis). Die mittelständigen Versprossungen sind häufiger als die achselständigen, was wahrscheinlich mit dem Umstande zusammenhängt, daß alle Triebe, welche die direkte Fortsetzung der aufsteigenden Achse bilden, leichter Wasser- und Nahrungszufuhr erhalten, als die seitlichen Verzweigungen. Hierfür spricht auch das äußerst seltene Vorkommen von Proliferationen bei Blumen, die einzeln in der Achsel von Blättern stehen.

Die Füllung der Blumen bei Compositen besteht bekanntlich häufig darin, daß die normal röhrenförmigen Scheibenblumen zu leuchtend gefärbten Zungenblumen werden. Die Proliferation bei Compositen ist vielfach in der Weise beobachtet worden, daß an Stelle des einzelnen Blüthchens sich vom allgemeinen Blüthenboden ein ganzes Köpfchen erhebt. So berichtet Magnus[1]) über Exemplare von Bellis perennis, die an der Peripherie ihrer Köpfchen zahlreiche, gestielte Secundärköpfchen besaßen. Dieselbe Erscheinung wurde an Philomeris anthemoïdes Nutt., an Crepis biennis L. und Cirsium arvense Scop. beobachtet. Ueberall waren die einzelnen Blüthchen derart durchgewachsen, daß sie zu einer mehr oder weniger langgestielten, oft mit trockenhäutigen Blättchen versehenen, von einem ganzen Blüthenköpfchen gekrönten Achse wurden. Am interessantesten dürfte eine Pericallis cruenta sein, bei der in der Peripherie des Primärköpfchens zahlreiche, kleine, ungestielte Köpfchen mit Zungenblüthen saßen, wodurch die Füllung bewirkt wurde. Ja bei einzelnen Sämlingen zeigten sich an der Peripherie eines jeden Secundärköpfchens sogar Tertiärköpfchen u. s. f. durch 6 und mehr Generationen entwickelt.

Sprossungen von phanerogamen Früchten sind ebenfalls keine Seltenheiten. Die bekanntesten Beispiele finden wir an unsern Kernobstfrüchten und zwar bei Birnen mehr wie bei Aepfeln. Vielfach abgebildet ist der Fall sprossender Birnen, bei denen aus einer Frucht eine andere oder auch mehrere hervorbrechen. Die Erklärung dieser Erscheinung ergiebt sich von selbst bei der Betrachtung, daß die Frucht unseres Kernobstes ein Zweig ist, dessen Rinde außergewöhnlich reich entwickelt ist. Gewöhnlich ist der Zweig durch die Fruchtblätter an seiner Spitze abgeschlossen; diese entwickeln sich zum Kernhause und in ihrem Innern die Eier zu Samen, während die Rinde des Zweiges, an dessen Gipfel die Blume eingesenkt ist, sich immer mehr über den Samenanlagen zusammenwölbt und durch Veränderungen und Streckungen des Rindengewebes das Fruchtfleisch darstellt. Wie bei den Durchwachsungen der Rosen kann nun auch eine Birnenblüthe durchwachsen, indem der kleine Achsenscheitel zwischen den Fruchtblattanlagen sich wieder streckt, die Fruchtblätter aus einander drängt oder gar nicht zur Entwicklung kommen läßt und sich zu einem aus der ersten Birne hervorsprossenden Zweige ausbildet, der an seiner Spitze entweder eine Blüthe entwickelt, oder auch ohne eine solche kreiselförmig aufschwillt und so eine

[1]) Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenb. XXI, 1879, Sitz. v. 28. Nov.

zweite Birne in der ersten darstellt. Entwickeln diese Zweige keine Geschlechtsorgane, dann zeigen die monströsen Birnen im Innern gar kein Kernhaus. Wenn sich die durchwachsende Achse der Birnenfrucht verzweigt, dann sprossen neben der centralen Birne noch seitliche, kleinere Birnen hervor.

Bei Aepfeln erstreckt sich manchmal die Sproßkraft nur auf einzelne Gefäßbündeläste in der Frucht; es wölbt sich dann aus derselben seitlich ein Buckel, der sich bis zu einer kleinen Nebenfrucht steigern kann, hervor. Bildet sich die Seitensprossung bis zur Produktion einer wirklichen Knospe aus, so erhalten wir 2 schräg übereinanderstehende Kerngehäuse. Der Fall hat dann große Aehnlichkeit mit den Doppelfrüchten, welche durch Verschmelzung zweier getrennter, seitlich stehender Blüthenanlagen entstehen. Ein einfacher Fall ist die Entwicklung einer ruhenden Laubknospe am noch unverdickten Zweigtheile der Frucht, nämlich am Fruchtstiele.

Als ein neues Beispiel kernloser Früchte verdient eine Beobachtung von Burbidge[1]) angeführt zu werden. B. fand auf einem Baume große Mengen von Früchten ohne Samen und Kernhaus; diese ganz soliden, parenchymatischen Birnen waren größer, schlanker, wohlschmeckender und haltbarer als die normalen, samentragenden Früchte.

Im November 1883 erhielt ich einige Birnenzweige, von denen ein Exemplar durch Fig. 6 in halber Größe wiedergegeben ist. Die Früchte waren vollkommen hart und gesund bis auf Beschädigungen, welche die Herbstfröste veranlaßt hatten. In a sehen wir einen normalen Holzzweig, in B einen Zweig, dessen Terminalknospe zur kernlosen Frucht angeschwollen ist; in c zeigt sich eine mit Kernhausanlage versehene, aus einer Seitenknospe hervorgegangene Frucht; n ist die Narbe des Blattes, s eine unentwickelt gebliebene Seitenknospe, k eine vollkommen ausgebildete Laubknospe am Fruchtstiel, sch ein schuppenförmiges Blatt an demselben; g sind die normal verlaufenden, um die mit Eiruḍimenten versehenen Kernhausfächer f sich herumziehenden Gefäßbündelstränge. Bei c sind vertrocknete Reste der Kelchzipfel und bei st die Griffeläste.

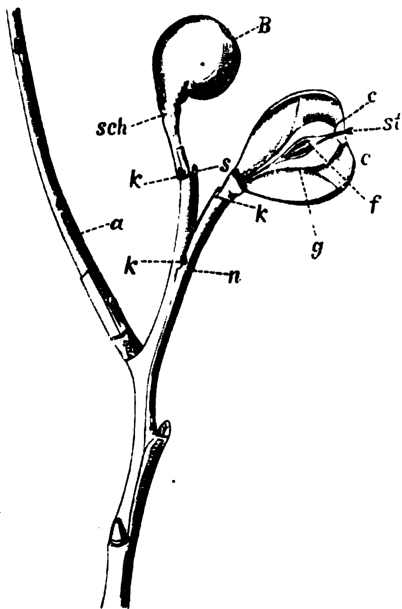


Fig. 6.

[1]) Royal hortic. Soc. of London, cit. Bot. Centralbl. 1881, Bd. VIII, S. 319.

Vorstehender Fall weicht von dem von Burbidge beschriebenen und den meisten, bisher abgebildeten Beispielen dadurch ab, daß die Fruchtanschwellungen hier nicht Produktionen vorjähriger, sondern diesjähriger Knospen sind. Bei Birnen ist es grade nicht selten, daß einzelne Herbstblüthen auftreten. Dieselben können wohl, wie manchmal angegeben ist, aus vorjährigen Knospen hervorgehen; indeß habe ich bisher nur solche Blüthen zu beobachten Gelegenheit gehabt, welche an den diesjährigen, im Sommer bereits ausgereiften Zweigen entstanden waren, was leicht aus dem Holzringe des fruchttragenden Zweiges ersehen werden konnte. Die proleptischen Blüthen haben bei dem relativ geringen Nährstoffvorrath und der kurzen Zeit, die ihnen der Herbst noch zur Entwicklung bietet, natürlich wenig Gelegenheit, den Rindenkörper noch zu wohlschmeckendem Fruchtfleisch auszubilden und daraus erklärt sich einerseits die geringe Größe und andrerseits die Geschmacklosigkeit der hier beschriebenen Birnen. Wären die Fruchtknospen nicht durch die außerordentlich gesteigerte Wasserzufuhr der feuchten Herbstperiode geweckt worden, hätten sie im folgenden Jahre wahrscheinlich ganz normale Früchte geliefert.

Die Balggeschwulst des Johannisbrotbaumes.

Eine den kernlosen Birnen verwandte Erscheinung zeigt sich bei älteren Exemplaren des Johannisbrotbaumes (Ceratonia Siliqua) in der Bildung großer, weicher, dickberindeter Holzknoten (loupe) an Stelle der normalen Fruchtzweige. Nach den Beobachtungen von Savastano[1]) produzirt die Ceratonia ähnliche, weiche, sehr kurze Fruchttriebe wie die Birne, bei der sie als Fruchtkuchen (bourse) bekannt sind. An den normal angelegten, kurzen Fruchtzweigen des Johannisbrotbaumes bemerkt man nun bei Beginn der Krankheit, daß dieselben die Früchte in den ersten Stadien ihrer Ausbildung abwerfen und daß statt dessen der zurückbleibende Basaltheil des Achsenkegels, der eine Auszweigung des sehr verkürzten Fruchtästchens darstellt, anzuschwellen beginnt. Durch Wiederholung dieses Vorganges in den folgenden Jahren entsteht eine knotige Geschwulst, die einen Umfang von 40—50 cm und eine Höhe von 6—10 cm erreichen kann. Diese hypertrophirte Spitze des Fruchtzweiges besitzt eine mehrmals dickere Rinde, als das normale Fruchtholz, und der Holzkörper besteht aus gefäßlosem Holzparenchym. In der fast markigen Rinde erscheinen die Bastfasern weitlumiger und von unordentlichem Verlauf; die Markstrahlen sind gekrümmt, der Holzring mannigfach verbogen. Im Gewebe sind einzelne Zellgruppen mit gefärbten Wandungen und gummosem Inhalt kenntlich. Von Beginn der Krankheit an steigert sich der Gerbstoffgehalt der Geschwulst, wobei eine deutliche Störung des Verholzungsprozesses in die Augen springt.

---

1) Savastano: Hypertrophie des cônes à bourgeons (maladie de la loupe) du Caroubier. Compt. rend. 12. Janv. 1885.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß die Fruchtanlage nicht das genügende Material zu ihrer Ausbildung empfängt und sich durch eine Trennungsschicht von dem sie erzeugenden Zweige abgliedert. Statt dessen wird die vegetative Achse derartig übermäßig ernährt, daß sie zu krautartigen Geschwülsten aufgetrieben wird. Der Vorgang ist somit ähnlich dem der Vergrünungen, bei denen reiche, unzeitgemäße Wasserzufuhr eine Ausbildung vegetativer Organe auf Kosten der reproduktiven veranlaßt.

Die Proliferation können wir als den nächstliegenden Weg zur reinen Laubsproßbildung auffassen; sie tritt am häufigsten bei den gefüllten Blumen auf. Die Mehrzahl unserer gefüllten Blumen selbst ist schon durch rückschreitende Metamorphose, nämlich durch die Umbildung der Staubgefäße (Staubbeutel) in Blumenblätter entstanden.

Von diesen außergewöhnlichen Durchwachsungen sind die regelmäßig auftretenden Verlängerungen der Achsengebilde zu trennen, welche wahrscheinlich durch einfache Weiterentwicklung der Endknospe, nicht durch Ausbildung von Adventivknospen, entstehen. Wir meinen hier die Bildung der Krone bei den Ananasfrüchten und die Verlängerung der Zweige durch den Blüthenstand der Reiherbuschmyrthen (Metrosideros).

Benutzung verlaubter Organe zur Vermehrung.

Die Verlaubung in ihren verschiedenen Modifikationen hat nicht nur ein hohes wissenschaftliches Interesse in Beziehung auf die Erweiterung der Morphologie; sie hat auch eine praktische Bedeutung, indem sie Winke für die Pflanzenvermehrung giebt. Die Natur selbst wendet die Verlaubung zur Vermehrung an Stelle der Samenbildung an. Man darf in dieser Beziehung nur an die Bildung kleiner Zwiebeln an Stelle der Blüthen denken. Wenn man die Zwiebel als eine Laubknospe mit fleischigen Blatttheilen auffaßt, dann ist die Erscheinung von Zwiebeln an den Blüthenständen meist eine seitliche Blattproliferation der Blüthenstände oder aber auch bisweilen die Umwandlung einer einzelnen Blume, wie bei Allium vineale L. Solche Fälle beobachten und benutzen die Gärtner bei den Gattungen Allium, Lilium, Saxifraga, Gesneria, Achimenes etc. zur Vermehrung.

Ein ähnlicher Zustand dürfte wohl auch bei einigen der sogenannten lebendig gebärenden Pflanzen vorhanden sein, wie z. B. bei dem lebendig gebärenden Knöterich (Polygonum viviparum L.), bei manchen Sauergräsern und Binsen und namentlich bei vielen Süßgräsern, wie bei Dactylis glomerata L., Poa bulbosa L., und Poa annua L., trivialis L. und pratensis L, bei Glyceria fluitans R. Br. und aquatica Prsl. etc. Bei den Süßgräsern findet man bisweilen die äußeren Deckblätter des Grasährchens unverändert, aber statt der Honigschüppchen, Staubgefäße und Stempel steht ein blättertragender Trieb.

Bisweilen ist die Blüthenachse, die gewöhnlich mit unvollkommenen Blumen

endigt, durch eine Blattrosette begrenzt. So wird z. B. von Kirschleger[1]) eine Wegebreitpflanze beschrieben, deren Aehren nach der Reife der Frucht an ihrer Spitze eine Blattrosette entwickelten. A. Braun sah dieselbe Erscheinung noch weiter entwickelt, indem aus der Blattrosette gleichzeitig Wurzeln hervorgingen. Bei manchen Pflanzen hat man bereits künstlich versucht, die Blüthenstände zur Vermehrung zu benutzen. Bei der chinesischen Primel schneidet man den Blüthenstand unterhalb der Stelle, von der die einzelnen Blüthenstielchen entspringen, ab und behandelt das abgeschnittene Stück als Steckling. Diejenigen scheinen am besten Wurzeln zu treiben, bei denen die Blüthenstielchen während des Winters ihrer Blüthen bald nach dem Aufblühen beraubt und damit der Quelle für ihre eigene Schwächung verlustig gegangen waren.

Ueber eine noch interessantere Vermehrungsart der chinesischen Primel berichtet Cramer.[2]) Er spricht von den Laubknospen, die sich bei verlaubten Primelblüthen in der Achsel der Fruchtblätter bilden. Diese können zur Vermehrung der Pflanzen benutzt werden. „Ich habe mehrere Blüthen", sagt Cramer, „mit Achselsprossungen im Stempel, nach Entfernung von Kelch und Krone, wenig unterhalb des Stempels abgeschnitten, dann den Stempel der Länge nach mehrmalen aufgeschlitzt und die so zubereitete Blüthe oder vielmehr deren Stiel in lockere Erde gesteckt und mit einer Glasglocke bedeckt. Aehnlich verfuhr ich mit einigen Achselknospen von Kelchblättern, nachdem ich erstere herausgeschnitten." Mehrere dieser Pflänzchen haben die Größe von 2" erreicht. Aus den Achselknospen von Kelch und Stempel vergrünter Primelblüthen gelang es Cramer, im nächsten Jahre wieder vergrünte Pflanzen zu erziehen. Nicht unerwähnt möchte ich hier eine Beobachtung lassen, die ich im Juli 1883 an einer Begonia Sedeni fl. pl. zu machen Gelegenheit hatte. Das Exemplar gehörte zu jenen scharlachrothen Spielarten, bei denen auf demselben Exemplare normale, einfache und gefüllte, männliche Blumen nebst einfachen, mit fadenförmig verlängerter, 20 und mehr Millimeter langer Staubfadensäule versehenen Blüthen vermischt vorkommen. Im Allgemeinen war das Erscheinen der gefüllten Blumen bei Beginn der Blüthezeit häufiger als gegen den Herbst hin, was ich dem im Verlaufe der Vegetationsepoche abnehmenden Nährstoffverbrauch im Stocke zuschreibe. Das Auffallende an der Pflanze war aber die zeitweise Produktion von vereinzelten, weiblichen Blüthen, bei denen der Fruchtknoten halb oberständig, fast gänzlich flügellos, intensiver roth gefärbt und kegelförmiger geworden und die Placenten aus der Mitte des an seiner Spitze nicht mehr geschlossenen Fruchtknotens hervorgesproßt waren. Die durchwachsenen Placenten bildeten fleischige, dendritisch verzweigte, über und über mit ausgebildeten Eichen besetzte, bis 4 mm hohe Stämmchen. Um zu sehen, ob vielleicht diese freistehenden, in der Luft durchaus nicht vertrocknenden Ovula

[1]) Flora 1844, S. 565.

[2]) Bildungsabweichungen S. 37.

eine Neigung zur Verlaubung zeigen möchten, wurden die Fruchtknoten an der Uebergangsstelle in den Stiel abgeschnitten und sammt andern, normalen Fruchtknoten derselben Pflanze auf feuchten Sand in einen Glaskasten gelegt. Nach einigen Wochen ergab die Untersuchung zwar keine Veränderungen der Ovula, wohl aber ein merklich stärkeres Vernarbungsgewebe, als bei den normalen Fruchtknoten, was auf eine leichtere Stecklingsbildung der verlaubten Organe hindeutet.

Ein weiterer Fall leichterer Vermehrungsfähigkeit durch verlaubte Achsen ließ sich (leider auch nur in seinen Anfängen) bei der sogenannten „Aehrennelke" (Wheat-ear carnation [1]) — Dianthus Caryophyllus imbricatus [2]) beobachten. Diese Nelke ist eine Vergrünungsform unserer gewöhnlichen Gartennelke. Es werden hierbei zwar Blüthenstiele gebildet, aber sehr selten tragen diese eine wirkliche Blume. Das Material, das zur Ausbildung der Blume sonst Verwendung gefunden hätte, ist zur fortwährenden Verlängerung der Achse verbraucht worden und diese bildet einen, dem Grasährchen ähnlichen Stengel. Die Aehnlichkeit mit dem Grasährchen wird dadurch hervorgerufen, daß die Achse dicht mit dachziegelartig über einanderliegenden, kurzen Blättchen bedeckt ist. Die Blätter stehen in abwechselnden Paaren und sind so gestaltet und gefärbt, wie die normalen Nelkenblätter; nur sind sie deckblattartig kurz und minder schlaff. Aus dem Umstande, daß diese ährenartigen Triebe über Winter vollkommen unversehrt blieben, während die normalen Blüthenstiele im Freien unter dem Schnee zu Grunde gehen, wurde geschlossen, daß sie auch durch leichtere Vermehrungsfähigkeit den rein vegetativen Achsen sich nähern würden. Stecklinge brachten es nun zwar auch nicht bis zur Wurzelbildung, aber zeigten doch eine relativ reichliche Callusbildung, während dieselbe bei den gleichzeitig geschnittenen, mit normalen Knospenanfängen versehenen Blüthenstielen anderer Exemplare kaum bemerkbar wurde. In den hier erwähnten beiden Beispielen gingen die zu Stecklingen benutzten, zu spät im Jahre abgeschnittenen Organe bei Eintritt des Winters zu Grunde. Daß auch Früchte selbst als Stecklinge benutzt werden können, zeigt ein Fall von Baillon [3]), der Wurzeln an einer Cactusfrucht beobachtete. Diese Beobachtungen verdienen von Seite der Gärtner volle Aufmerksamkeit, da sie eine Verwendung solcher Mißbildungen zeigen, die sehr erwünscht bei seltenen Pflanzen und neuen Spielarten, welche schnell vermehrt werden sollen, sein dürfte.

Alle die bisher erwähnten, verschiedenen Verlaubungserscheinungen möchten wir auf einen Grund zurückführen. Die Pflanze verlaubt, wenn nach der Anlage ihrer Blüthen Verhältnisse eintreten, welche den Blattapparat nicht genügend im Verhältniß zu der von der Wurzel aufgenommenen Bodennahrung erscheinen lassen.

---

[1]) Masters Vegetable Teratologie, S. 371.

[2]) Linné in Hortus Clissortiamus.

[3]) Master a. a. O., S. 160.

Dieser Fall kann nun in zweifacher Weise auftreten. Manchmal erhält eine normale Pflanze durch plötzliche Zufuhr eine überreiche Stickstoffnahrung und starke Bewässerung, wie dies bei häufigen Regengüssen durch Abschwemmen des Düngers auf tiefliegende Stellen oder durch direkte Düngung geschehen kann. Wenn vorher lange Zeit hindurch Trockenheit geherrscht hat und diese im Verein mit heller Beleuchtung die Pflanzen kurz, gedrungen, leicht blühend, aber (namentlich bei sandigem Boden) nur klein belaubt sich entwickeln ließ, und es kommt jetzt Gelegenheit für solche Pflanzen, eine reiche Nährstofflösung zu verarbeiten, so werden diese Individuen nun alle meristematischen Gewebecomplexe, die ihrer Stellung und Anlage nach zu Blüthenkreisen sich sonst entfaltet hätten, zu assimilirenden Blattorganen, zu Laubblättern, umwandeln.

Ein zweiter Fall, der zur Verlaubung der Wiesenpflanzen sehr häufig Veranlassung geben mag, besteht in der Verletzung der oberirdischen Pflanzentheile durch Abfressen, Abmähen, Abtreten 2c. Tritt solche Verletzung bei anhaltender Trockenheit ein (wie Abmähen bei gutem Heuwetter), dann wird die nachher erfolgende Neuproduktion der Pflanze eine spärliche sein. Die der hohen, beschattenden Gräser beraubten Kleepflanzen z. B. werden aus den stehengebliebenen Seitenaugen ihrer Stengel kurze Triebe machen, welche bald mit einer Blüthe schließen. Es wird dann wenig Futter für den zweiten Schnitt produzirt werden. Treten aber nach längerer Dauer der Trockenheit starke Regengüsse auf, die schnelle und reiche Wasseraufnahme durch die Wurzel bedingen, so wird die Pflanze angeregt, möglichst schnell einen reichen Blattapparat zu entwickeln, um die aufgenommene Nährstofflösung zu verarbeiten, und es werden dann, wie im ersten Falle, die Blüthenanlagen zu Laubblättern umgebildet werden, auch ohne eine reiche Düngung, lediglich durch Wasserzufuhr.

Aber auch solche plötzliche Schwankungen in den Feuchtigkeitsverhältnissen des Bodens werden nicht einmal immer nothwendig erscheinen. Es wird schon Verlaubung eintreten können, wenn die vorhandenen Blätter nach dem Blüthenansatz der Pflanze in ihrer Funktion gestört werden, wie wir dies bei Hopfen im Großen wahrnehmen können, der von Blattläusen und der Schwärze oder dem Rußthau befallen ist. Die Blattoberseite ist durch den Pilzüberzug, welcher den Rußthau erzeugt, der Beleuchtung und somit der Assimilation theilweis entzogen und die Pflanze muß neue Organe schaffen, welche die gestörte Assimilationsarbeit fortsetzen können; sie wird dann die Deckblättchen der weiblichen Blüthenstände zu wirklichen, theilweis gestielten Laubblättern umwandeln, und die Blüthenorgane selbst werden verkümmern oder verlauben.[1])

[1]) Zur Stütze unserer Ansicht mögen einige Citate dienen. Linné spricht sich folgendermaßen aus: „Si arbusculam, quae in olla antea posita, quotannis floruit et fructus protulit, deinde deponamus in uberiori terra calidi caldarii, proferet illa per plures annos multos ac frondosos ramos sine ullo fructu. Id quod argumento est, folia inde crescere, unde prius enati sunt flores; quemadmodum

In neuester Zeit hat C. Kraus[1]) versucht, dadurch erhöhte Nährstoff- und Wasserzufuhr zu den Blüthenköpfen der Sonnenrose (Helianthus annuus) zu bewirken, daß er Pflanzen verschiedenen Alters gänzlich und fortgesetzt entblätterte; nur die Deckblätter der Blüthenkörbchen blieben verschont.

---

vicissim, quod in folia nunc succrescit, id, natura ita moderante, in flores mutatur, si eadem arbor iterum in olla seritur." (Prolepsis § III., cit. v. Master a. a. O., S. 168.)

Plenk (Physiol. u. Pathol. d. Pflanzen 1795, S. 140—142) sieht als Ursache der „Ungestaltheiten", zu denen er die Füllung der Blumen rechnet, einen allzufetten Boden an.

Jäger (über die Mißbildungen d. Gew. 1814, S. 83) beschreibt proliferirende Kleepflanzen, die er von Dr. Gärtner erhalten. Derselbe fand solche Pflanzen „in dem feuchten Jahrgange 1801 außerordentlich häufig", S. 78. „Sofern die Einwirkung des Lichtes vielleicht zur Metamorphose der ovulorum selbst beiträgt, erscheinen die Spaltungen, die die germina mancher Pflanzen, z. B. der Tulpen, zumal bei mehrerer Abundanz der Natur, wie es scheint, hier und da erleiden, von mehr Bedeutung." Moquin-Tandon (Pflanzen-Teratologie übers. v. Schauer 1842, S. 203), spricht von einem Theile der rückschreitenden Metamorphose, von der Füllung der Blüthen: „Die Umgestaltung der Blumenblätter (Füllung) scheint vorzugsweise aus einem zu großen Einfluß von Bildungssäften zu entspringen, woraus sich ihr häufiges Entstehen auf unsern Blumenbeeten erklärt. Diese brillante Metamorphose der Kelch-, Staub- und Stempelblätter geht jedoch nicht ausschließlich auf kultivirtem Boden vor sich; auch in freiem Felde zeigt sie sich mitunter, aber freilich nur in sehr fruchtbarem Boden. So fand Mirbel unweit Bagnères-de-Bigorre auf der Hochebene von Lepris, einem mit den reichsten Matten bedeckten Gebirgszuge, Anemonen, Ranunkeln und Rosen so schön doppelt oder gefüllt, wie in unsern Gärten."

Ueber einen Akt, den wir ebenfalls zur Verlaubung rechnen, über die Bildung von Adventivknospen in Form von Zwiebeln, spricht Moq.-Tand. (a. a. O. S. 227): „Ueberfluß an Nahrung scheint viel zur Erzeugung der Bulbillen beizutragen."

In Betreff der Proliferation äußert sich derselbe Autor (S. 355): „Die Hauptursache dieser Erscheinung mag wohl in einem übermäßigen Zufluß von Nahrungsstoff liegen, vermöge dessen sich nicht allein die einzelnen Blattgebilde der Blüthe, sondern auch sonst nur äußerst kurze Achsenstücke, an welchen dieselben haften, über die Maaßen entwickeln", S. 366. „Nach Adanson soll diese Proliferation (seitliche) nicht selten durch den Stich eines Ichneumon veranlaßt werden. So viel ist ausgemacht, daß sie vorzugsweise an üppigen, an niedergetretenen oder obenher abgeweideten Pflanzen vorkommen."

Cramer (Bildungsabweichungen) enthält sich zwar jeder Vermuthung über die Ursache der Verbildungen, giebt aber bei seinen Beschreibungen stets die Beschaffenheit des Bodens an, auf dem er die Mißbildungen (Diaphysis, Ecblastesis, Apostasis und Fasciatio) gefunden. Wir machen dann die Bemerkung, daß viele der beschriebenen Pflanzen (z. B. Leguminosen, S. 107) „standen an einer lettigen, sehr sonnigen Stelle, am nördlichen, bis 20' hohen Rand eines ziemlich großen Beckens, worin sich zu Zeiten das Bodenwasser der Umgebung und Regenwasser ansammelt und dabei eine saure Wiese gebildet hat." Bei Verbänderungen an Taraxacum (S. 58): „Das muß ich bemerken, daß alle

---

[1]) Untersuchungen über künstliche Herbeiführung der Verlaubung der Bracteen der Körbchen von Helianthus annuus durch abnorme Drucksteigerung. Forschungen auf d. Gebiete der Agrikulturphysik 1880, S. 32.

Bei den älteren Pflanzen zeigte sich kaum ein Erfolg; nur trat ungewöhnlich frühzeitig ein Vergrößern und Zurückkrümmen der Deckblätter ein, wodurch die Scheibe schon sehr frühzeitig entblößt wurde. Bei jüngeren Exemplaren erlitten 22,5 % der sämmtlichen Pflanzen ganz charakteristische Aenderungen der Deckblätter, „indem dieselben mehr oder weniger die Gestalt von Laubblättern annahmen (verlaubten)."

Bei eingehenderer Prüfung wird man viele solcher Gelegenheitsursachen aufzufinden im Stande sein; alle aber möchten auf den einen Punkt hinauslaufen, daß der Blattapparat bei einer Pflanze, die Blüthen angelegt hat, sich als nicht ausreichend für das gesteigerte Assimilationsbedürfniß erweist.

Die Gelte des Hopfens.

Ein spezieller, für die Kultur hochbedeutungsvoller Vorgang der Verlaubung ist die Gelte, das Blindsein, die Lupel- oder Narrenkopfbildung am Hopfen. Die Namen bezeichnen nur verschiedene Grade einer Mißbildung, welche mit einer einfachen, abnormen Verlängerung des Hopfenkätzchens anfängt und sich bis zur Bildung flatteriger, dunkelgrüner Fruchtstände steigert, aus denen verschieden große Laubblätter in wechselnder Zahl hervorbrechen.

Die Hopfenzüchter wissen, daß in dem Maaße, als das Kätzchen[1]) sich verlängert und die Schuppen sich vergrößern, auch die Qualität des Hopfens sinkt. Die für den technischen Gebrauch vortheilhafteste Ausbildung der Kätzchen ist an eine kurze, gedrungene Gestalt des ganzen Blüthenstandes und kurze, breite, papierartig dünne Beschaffenheit der Schuppen gebunden, wie sie in nebenstehender Fig. 7 Nr. 1 und 2 dargestellt sind. Nr. 2 ist halb entblättert, um die kurzgeknickte Spindel des Kätzchen zu zeigen. In Nr. 3 und Nr. 4 ist die abnorme Ueberverlängerung der Kätzchen dargestellt, die unter der Bezeichnung „brausche Hopfen" bei den Züchtern bekannt ist und als erstes Stadium einer beginnenden Verlaubung gelten muß. Solche brausche Hopfen sind grob, weniger gehaltreich, etwas später reifend und in den Schuppen krautiger. Von diesem

---

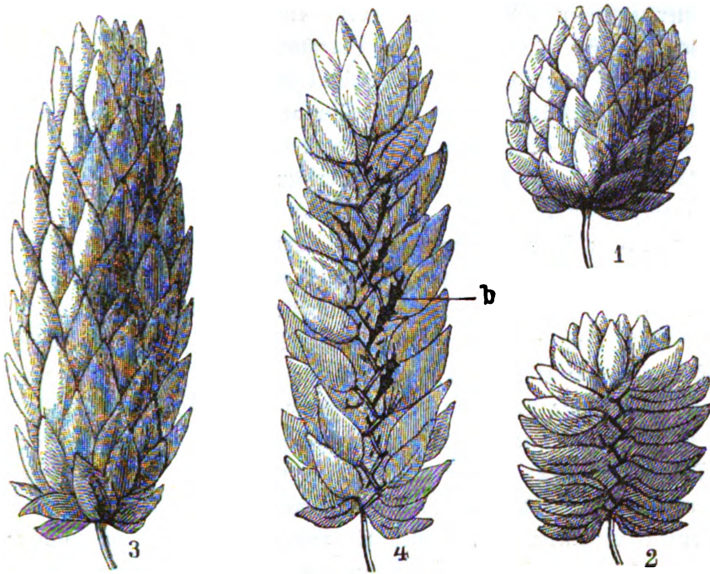
diese Pflanzen auf einer sehr fetten Wiese gewachsen, sich durch ihre üppige Entwicklung auszeichneten."

Hallier (Phytopathologie 1868, S. 160) führt einen Fall von Chloranthie bei Herbstzeitlosen an und knüpft daran die Vermuthung, daß das unzeitige Hervorbrechen vergrünter Blüthen lediglich Folge ihrer Unterdrückung im Herbste sei.

Master endlich sagt (Veget. Terat. 1869, S. 158): . . . . . „the production of leaves or leaf-buds in place of flowers is, as is well known, generally the consequence of an excess of nutrition, and of the continuance rather than of the arrest of vegetative development."

---

[1]) Harz (Allg. Hopfenzeitung 1879, Nr. 134/135) bezeichnet die Hopfenblüthenstände als „kätzchenartige Rispen".



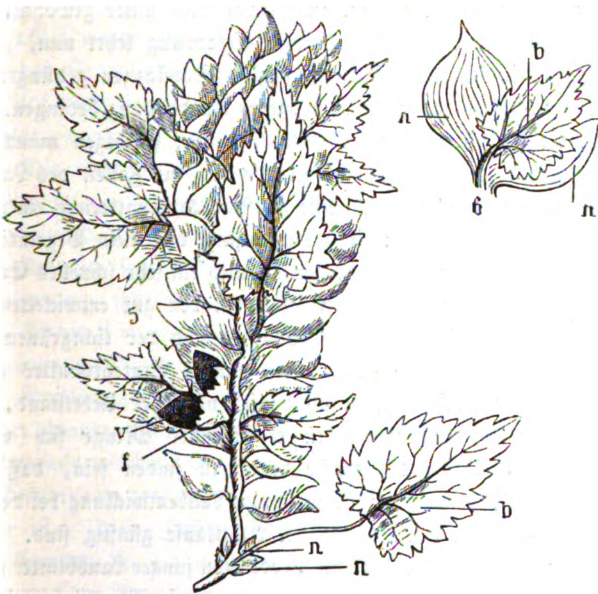


Fig. 7.

Zustande ausgehend, steigern sich die Verlaubungserscheinungen bis zu dem Stadium, das in Nr. 5 dargestellt ist. Die grünen, hier sichtbar gewordenen

Laubblätter erlangen bisweilen die Größe eines normalen Blattes; b ist die Blattfläche, die sich rückwärts in den Blattstiel verfolgen läßt. Am Grunde dieses Blattstiels stehen die 2 grünen Nebenblättchen n, n, welche im vorstehenden Basaltheil des Kätzchens sehr klein, aber nach oben hin an Größe zunehmen. Nr. 6 stammt aus einer höheren Region des Blüthenstandes und zeigt die Nebenblättchen n n von der Größe der übrigen Schuppen, dagegen den Blattkörper b aber schon viel kleiner. Die andern Schuppen und Vorblätter sehen wir bei Nr. 5 v; sie umschließen je eine Blume f.

Die Nebenblätter, welche in der Entwicklung dem übrigen Blattkörper voraus eilen und in dem normalen weiblichen Blüthenstande des Hopfens allein entwickelt sind, besitzen dieselbe schuppenartige Beschaffenheit wie die Vorblätter, so daß das ganze Kätzchen aus gleichmäßig gebildeten Schuppen zusammengesetzt erscheint; alle Schuppen sind kurzlebig und werden bald trockenhäutig, wobei sie fest dachziegelartig aufeinander gelagert bleiben.

Die Gelte besteht nun in der Ausbildung der sonst unterdrückten Blattfläche zwischen je 2 schuppenförmigen Nebenblättern. Wenn sich ein solcher Blattapparat entwickeln soll, müssen die Bedingungen dafür im Blüthenstande auftreten, während dieselben im gewöhnlichen Entwicklungsverlauf fehlen. Es muß also eine ungewöhnliche Steigerung in der Wasser- und Nährstoffzufuhr zum Kätzchen zu einer Zeit eintreten, zu welcher dies unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht stattfindet. Eine vielseitige Erfahrung lehrt nun,[1]) daß die feuchten Jahrgänge in stark mit stickstoffhaltigen Substanzen gedüngter Lage es sind, welche das Auftreten der Gelte in größerer Ausdehnung bedingen. Häufige Sommerregen, welche trübe Tage im Gefolge haben, schädigen manchmal auch ohne die Gelte grade zu erzeugen. Es strecken sich die Zellen des Laubkörpers sowohl als der Achse, und selbst, wenn eine günstige Erntewitterung eintritt, reifen die Kätzchen nur oberflächlich ab; sie gelangen mit viel mehr Vegetationswasser in die Aufbewahrungsräume und bedingen dadurch ein sehr schnelles Erhitzen des ganzen Haufens. In Folge dessen tritt selbst bei den gut entwickelten Kätzchen ein schneller Verlust des eigenthümlichen Glanzes und der lichtgrünen Färbung und damit eine wesentliche Entwerthung des ganzen Ernteproduktes ein.

Mit der Gelte vergesellschaftet sich häufig noch der Uebelstand, daß die Blattläuse in den Hopfenplantagen in erdrückender Menge sich vermehren. Eine Erklärung dieses Umstandes dürfte darin zu finden sein, daß dieselben Witterungsverhältnisse, welche die abnorm üppige Laubentwicklung bei der Hopfenpflanze bedingen, auch der Vermehrung der Blattläuse günstig sind. Denn die verlängerte Vegetationszeit veranlaßt die Produktion junger Laubblätter und liefert wieder saftiges, dünnwandiges Blattmaterial, das die Blattläuse mit Leichtig-

---

[1]) Beobachtungen über die Kultur der Hopfenpflanze. Herausgegeben vom Deutschen Hopfenbauverein, Jahrg. 1879—82.

keit anfaugen und sich dadurch für große Vermehrung mästen können. Die Blattlausplage verliert an Bedeutung, sobald anhaltend trocknes, helles Erntewetter das schnelle Ausreifen der Kätzchen begünstigt; tritt dagegen wiederum kühle, trübe Witterung ein, dann verkriechen sich die Thiere schutzsuchend zwischen den Schuppen und gelangen somit in großer Anzahl auf den Hopfenboden. Dort kriechen sie in der Wärme wieder hervor und verursachen dann die Erscheinung, daß plötzlich der ganze Haufen mit Läusen überdeckt sich zeigt, während man anscheinend das Ernteprodukt ohne die Thiere auf den Boden gebracht hatte.

Der experimentelle Beweis für die oben angegebene Erklärung der Gelte als eine Mißbildung, welche durch lokale Steigerung der Wasser- und Nährstoffzufuhr veranlaßt wird, ergiebt sich eigentlich aus den Göbel'schen[1]) Versuchen. Dieselben betreffen zwar nicht den Hopfen und sind auch zur Lösung einer andern Frage angestellt, ergeben jedoch das Resultat, daß man durch erhöhte Ernährung solche Laubblattanlagen, die, wenn man den Sproß sich selbst überläßt, ihre Spreiten verkümmern und ihren Blattgrund zur Knospenschuppe ausbilden würden, zur vollen Entwicklung bis zu normalen Laubblättern bringen kann. Das Experiment wurde mit einer Anzahl im Austreiben begriffener Zweige und mit jungen Pflanzen von Prunus Padus gemacht, welche am 14. April theils entlaubt, theils entgipfelt wurden. Am 10. Mai hatten die eigentlich erst im nächsten Frühjahr austreibenden Knospen bereits angefangen, sich zu entfalten. Sie wurden später zu kräftigen Zweigen, an denen zunächst rechts und links des Tragblattes zwei häutige Schuppen, die Vorblätter des Zweiges standen. Auf diese Schuppen folgten nun aber keine Schuppenblätter, wie dies am normalen Zweige der Fall ist, sondern Laubblätter mit vollständig entwickelter Spreite. Die Internodien, welche sonst bei schuppenförmiger Ausbildung der unteren Blattanlagen gestaucht verbleiben, streckten sich. Bei später im Jahre vorgenommenen Wiederholungen der Versuche zeigte sich, daß dann schon einige Laubblatt-Anlagen schuppenförmig blieben und andere Mittelstufen bildeten; es ist daher am sichersten eine Wirkung bei möglichst jungen Organen zu erzielen. Sowie Prunus Padus verhielten sich Arten von Aesculus, Rosa, Acer, Syringa und Quercus.

Die Ernährungssteigerung ist im Göbel'schen Experiment durch die Entfernung der jungen Blätter oder der Stengelspitze in der Zeit des Laubausbruchs verursacht worden, wo die Wasserzufuhr zu den Vegetationsheerden, sowie die Wanderung des gelösten Reservematerials schon an und für sich eine bedeutende ist. Diese Zufuhr ist durch die Entfernung einer Anzahl von Verbrauchsheerden für die stehengebliebenen eine vergrößerte geworden und hat zu einer derartigen Vermehrung der Parenchymmassen der Blattanlagen geführt, daß sich daraus eine ganze Spreite bilden konnte.

[1]) Goebel: Beiträge zur Morphologie und Physiologie des Blattes. Bot. Z. 1880, S. 803.

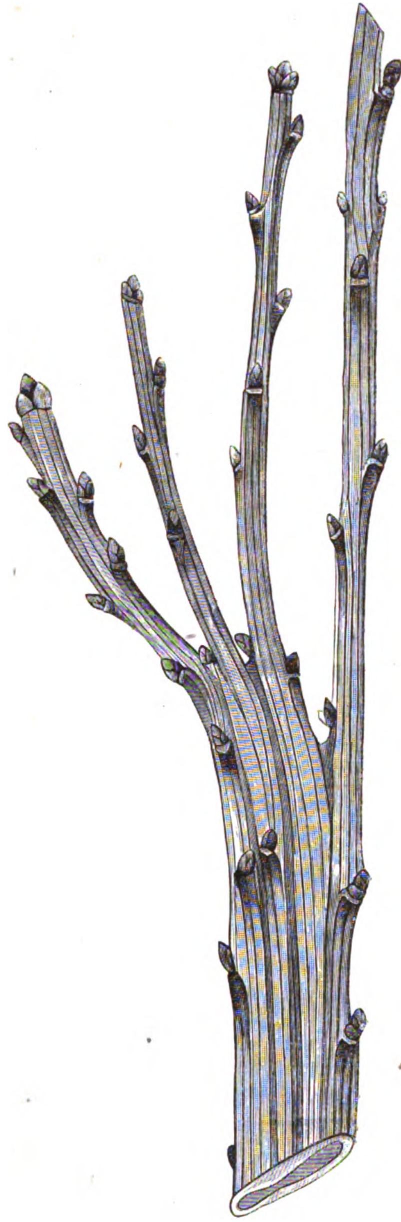
Als Mittel gegen die Gelte wird die Entfernung oder Lahmlegung der Ursachen zu versuchen sein, falls dieselben in Form von Wasser- oder Stickstoffüberschuß sich im Boden vorfinden. Ist die Ursache in trüber, feuchter Luft zu suchen, dann sind alle diejenigen Mittel anzuwenden, welche eine möglichst starke Durchlüftung und Durchleuchtung der Hopfenplantage befördern. Ist Stickstoffüberschuß im Boden, so empfiehlt sich eine Nachdüngung mit Superphosphaten.

Verbänderung (fasciatio).

Die Erscheinung, daß an krautartigen und holzigen Pflanzen ein Theil oder sämmtliche der vorhandenen, bisher cylindrisch gewesenen Achsen eine breit bandartige Beschaffenheit annehmen, gehört keineswegs zu den Seltenheiten. Man hat jedoch bei diesen verbänderten Stengeln zwei Modifikationen aus einander zu halten, welche sich durch die Beschaffenheit des Markkörpers unterscheiden. Bei der einen Art sehen wir im Querschnitt des Stengels eine Anordnung der Gefäßbündel in der Form, daß mehrere, in sich abgeschlossene Ringe seitlich durch gemeinsame Rinde und Oberhaut mit einander zu einem Ganzen verkittet sind. Es ist das also eine Verschmelzung von einer Anzahl während ihrer Anlage dicht aneinandergepreßt gewesener Achsen (Zweigen), die nun gemeinsam mit einander in die Höhe wachsen und sich nicht selten später auch von einander trennen. Abnorme Druckverhältnisse sind hierbei oft allein wirksam; manchmal allerdings werden derartige Pressungen von jugendlichen Zweiganlagen erst dadurch eingeleitet, daß an einer Stelle eine abnorm große Anzahl derselben entsteht. Hier ist dann auch schon eine aus sehr verschiedenen Ursachen herrührende Nährstoffanhäufung im Spiele.

Die eigentlichen, pathologischen Fälle aber werden durch die zweite Art verbänderter Stengel repräsentirt, die sich dadurch auszeichnet, daß ihr Querschnitt einen einzigen, quer oval gezogenen Markkörper (siehe die nebenstehende Figur eines Kirschzweiges) aufweist, der von einer weit über die normale Anzahl hinausgehenden Menge von Gefäßbündeln eingefaßt wird. Diese Bündel stellen in der Regel einen schwächeren Holzkörper dar, als er bei den cylindrischen Stengeln derselben Pflanze aufzutreten pflegt. Hier und da mag es vorkommen, daß auch nur ein extremer Druck gegen einen harten Gegenstand einen Stengel zu bandartiger Verbreiterung zwingt, wie man bei Epheustämmen, die zwischen Mauerfugen eingeklemmt wachsen, und bei verschiedenen Baumwurzeln in Felsenspalten wahrnehmen kann. Solche Verbreiterungen können auch noch fortdauern, wenn die Hindernisse für eine allseitig gleichmäßige Ausbreitung wegfallen. So berichtet Treviranus über eine Beobachtung von Uttewal, bei welcher ein durch Druck an eine Mauer bandförmig gewordener Stengel von Bignonia radicans auch noch bandartig blieb, als er weit über die Mauer hinausgewachsen war. Dabei wurden auch die weiter sich in Menge entwickelnden Zweige noch

zum Theil mehr oder weniger bandartig, so daß sich also ein gewisses Beharrungsvermögen der einmal eingeschlagenen Bildungsrichtung geltend machte.


Fig. 8.

Bei den ächten, sehr häufig eine (durch ungleichmäßiges Wachsthum der beiden schmalen Seiten hervorgerufene) krummstabförmige Biegung des bandartigen Stengelgebildes zeigenden Fasciationen, bei denen eine Vermehrung der Stengelmasse deutlich bemerkbar, sind die Blätter, wie bei den obenerwähnten, unächten Verbänderungen normal gestaltet, aber in größerer Anzahl als bei einem gleichalterigen, cylindrischen Stengelgliede vorhanden und in ihren Stellungsverhältnissen meist verschoben. Entwickeln solche verbänderte Stengel an ihrer Spitze Blüthen, so bilden dieselben einen zusammenhängenden Kamm. Die Verbänderung setzt sich in der Regel im nächsten Jahre fort und läßt sich bisweilen durch Stecklinge (Myrthen), ja sogar durch Samen (Hahnenkamm, Celosia cristata) ziemlich sicher fortpflanzen. Diese Mißbildung hat als blumistische Varietät ihren Werth, und es ist nicht unwahrscheinlich, daß mit der Zeit viele derselben Marktartikel werden können, da viele schöne Blüthenpflanzen, in dieser Weise verbildet, bereits beobachtet worden sind; es fehlt eben nur die Hand des Gärtners, die dgl. zu fixiren und zu vermehren sucht. Master[1]) führt nicht weniger als 150 verschiedene Pflanzen an, welche Fas-

[1]) Vegetable Teratologie 1869, S. 20.

ciation zeigen, die Untersuchungen von Schiewek[1]) und Cramer[2]) weisen darauf hin, daß das Gewebe der Gipfelknospe eine ungewöhnliche Ausdehnung in die Breite annimmt, wobei an Stelle des bei cylindrischen Trieben nur einzeln auftretenden Vegetationspunktes (der fortwachsenden, jüngsten Spitze) zwei oder mehrere derselben erscheinen, was auf eine reiche Zuführung des Materials, welches die Neubildung der Zellen begünstigt, also der stickstoffhaltigen Nährstoffe, hinweist. Während dieser Einfluß sich bei andern Pflanzen in der sehr schnellen und üppigen Verlängerung der Gipfelknospe kund thun würde, wird eine solche kammartige Breitenausdehnung des jungen Knospengewebes dann eintreten, wenn die Zellen der ursprünglichen Spitze zerstört worden sind. Solch partielles Absterben des ursprünglichen Vegetationskegels läßt sich wirklich oft beobachten.

Da, wo die Verbänderung als dem Kulturzweck nicht entsprechend, vermieden werden soll, wird das Zurückschneiden der Pflanze auf einige Entfernung unterhalb der Stelle, wo die Verbänderung beginnt, sich hülfreich erweisen. Es wird dann eine normale Seitenknospe geweckt, die zum Gipfeltriebe in den meisten Fällen sich heranziehen läßt.

Wenn man sich einen verbänderten Stengel tonnenförmig aufgeblasen denkt, dann geht er über zur Zwangsdrehung.

Zwangsdrehung (Spiralismus Mor.)

Mit obigem Namen bezeichnet A. Braun[3]) diejenigen Stengelmißbildungen, welche in tonnenförmig aufgeblasenen Stellen bestehen, an denen die Riefen, welche von den Blättern herablaufen und die zu ihnen gehörenden Gefäßbündel darstellen, eine extreme, spiralige Windung zeigen. Bisweilen ist die tonnenförmige Anschwellung so stark, daß der Stengel in der Richtung der Spiraldrehung reißt und sich an diesen kranken Stellen in eine Anzahl Spiralbänder spaltet.[4]) Von Schimper ist diese Wachsthumsstörung „Strophomanie“ ge-

[1]) Ueber Pflanzen-Verbänderung. Referat in Bot. Zeit 1867, S. 232.

[2]) Ueber die morphologische Bedeutung des Pflanzeneies &c. Bot. Zeit 1868, S. 249.

[3]) Sitzungsberichte naturf. Freunde z. Berlin, cit. Bot. Z. 1873, S. 11 u. 30.

[4]) Als eine verwandte Erscheinung betrachte ich die neuerdings von Beyerinck*) beschriebene Spaltung der Stengel einer Form von Grünkohl (Brassica oleracea acephala). Die Stengel spalteten sich der Länge nach bei den einzelnen Pflanzen in sehr verschiedenem Maaße. Die Stengel waren größtentheils auch ohne eintretende Spaltung hohl. Die meist gespaltenen Exemplare zeigten den Stengel in 2 gleiche Theile auseinander geschlitzt, und, wenn die Spaltungslinie auch durch die Blattansätze geführt hatte, erschienen auch die Blätter in 2 Theile gespalten. Dabei war das Regenerationsvermögen an den in der Jugend getheilt gewesenen Blättern so groß, daß die fehlende, abgespaltene Hälfte durch eine neue ersetzt worden war. An der Innenseite der hohlen Stengel hatte sich Callus gebildet, der zahlreiche, öfters fasciirte Wurzeln entsendete.

*) Aus „Ned. Kruidk Arch. Serie II, Deel IV, Stuk I“, cit. in Bot. Centralblatt 1883, Nr. 47, S. 231.

nannt worden. Es sieht fast aus, als ob sich gewisse Pflanzenfamilien, wie die Valeriaceen, Dipsaceen, Compositen und Rubiaceen, besonders geneigt zu dieser Art von Mißbildungen zeigten, da die Mehrzahl der beobachteten Fälle in diese Familien gehört. Braun führt allein 11 Fälle bei der Gattung Valeriana an; dieser am nächsten stehend, möchte die Gattung Dipsacus sein. Eine eingehende Behandlung und Aufzählung der wichtigsten Beispiele findet sich bei Master[1]), der auch Beispiele aus der Familie der Labiatae (Mentha, Lamium, Thymus, Hyssopus) Scrophularineen, Cruciferen und andern Familien anführt. Unter den Monocotyledonen werden Asparagus, Triticum, Lolium, Lilium, Juncus, Epipactis u. A. genannt. Bei den Cryptogamen sind Beispiele von verschiedenen Equisetum- Arten aufgeführt.

Auch von Holzgewächsen kennt man einzelne Fälle (Robinia, Fraxinus, Pirus), indeß ist trotz der zahlreichen Beispiele[2]) kaum ein Versuch gemacht worden, diese Mißbildungen zu erklären. Nur A. Braun hat aus dem Umstande, daß bei diesen Anschwellungen meist die Blattbasen mit einander verwachsen sind, den Schluß gezogen, daß diese seitliche Verwachsung die Längsstreckung der Internodien verhindert oder einseitig schwächt. Die Folge davon, daß die Streckung eines Stengels nicht im ganzen Umfange gleichmäßig vor sich gehen kann, ist „eine Drehung in der Richtung des kurzen Weges, durch welche die Insertionslinie der Blätter allmählich und zuletzt bis zur Senkrechten aufgerichtet, die senkrechte Streckungsrichtung dagegen zu einer schraubenförmigen herabgezogen wird.“

Gegen diese Erklärung führt Magnus[3]) an, daß gar nicht bei allen Exemplaren die Blattbasen mit einander verwachsen seien, also diese Verwachsung nicht die Ursache abgeben könne, vielmehr Folgeerscheinung sei. Dipsacus silvester und ferner Stengel von Phyteuma[4]) lieferten Beläge für diese Angabe.

Die Ansicht von Magnus geht dahin, daß eine Behinderung des Längenwachsthums der Stengel die extreme Drehung der Riefen hervorufe, die bald an zwei, durch eine Uebergangszone getrennten, übereinanderliegenden Stellen erkennen lassen, daß die Drehung der einen Seite entgegengesetzt derjenigen der andern ist.

Ich mache mir folgende Vorstellung von der Zwangsdrehung, welche ich nur als einen extremen Fall der fast überall normal zu beobachtenden, auch bei fossilen Nadelhölzern[5]) nachgewiesenen Drehung der Gefäßbündel betrachte. Der

[1]) Vegetable teratology 1869, S. 325.

[2]) s. Moquin-Tandon Pflanzenteratologie, übersetzt von Schauer, Berlin 1842, S. 165.

[3]) Verhandl. d. Botan. Ver. d. Prov. Brandenburg 1877, S. 118.

[4]) Frühjahrs-Versammlung d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1879.

[5]) Göppert im Bericht d. schlesischen Gesellschaft f. vaterl. Kultur. Sitzung v. 27. Nov. 1879.

Stengel unterliegt der Längsstreckung und Querstreckung. Das Bestreben, in der Dicke sich auszuweiten, wird bei gleicher Turgescenz des ganzen Gewebes dort am reichlichsten zum Ausdruck kommen, wo in einer Querzone das meiste streckungsthätige Zellenmaterial ist. An den Stellen, wo Zwangsdrehung sich später geltend macht, ist stets Hypertrophie, vermehrte Blatt- und Knospenbildung zu finden. Je derber die Epidermis schnürt und je stärker gleichzeitig die Elemente der Cambiumzone von dem vermehrten, sich querstreckenden, in seiner Längsschwellung oft vielleicht behinderten Mark nach außen gepreßt werden, um so weniger finden die vermehrten Elemente Gelegenheit, in der Vertikalrichtung neben einander zu bleiben. Da zu viel Gefäßbündel in der hypertrophirenden Querzone eines Stengels angelegt sind, die sich alle schnell und möglichst gleichmäßig strecken wollen, so sind sie nicht in der Lage, sich so schnell den nöthigen Platz zu verschaffen, da sie den schnürenden Einfluß der Epidermis nicht schnell genug überwinden können; sie weichen also, während sie sich langsam in die Länge strecken, einander aus, was nothwendig zur erhöhten Spiraldrehung führen muß.

Will man mit Magnus nur die Behinderung der Längsstreckung annehmen, so würde allerdings der Stengel, um Platz zu gewinnen, bei dieser Stauchung sich spiralig krümmen; aber es liegt kein Grund vor für die tonnenförmige Erweiterung der zwangsgedrehten Stelle; diese wird durch die Hypertrophie, welche ich also als erste Ursache ansehe, bedingt. Würde eine hypertrophische Gefäßbündelvermehrung keinen Seitendruck zu überwinden haben, dann würde zwar die tonnenförmige Ausbauchung entstehen, indeß brauchten die Dauben dieser Tonne, d. h. die Gefäßbündel mit ihren Gewebeelementen nicht von der Vertikalrichtung abzuweichen; sie werden erst dann schiefaufwärts einander ausweichen, wenn sie von den Seiten her einen Gegendruck empfangen, der sie verhindert, sich sofort in der Radialrichtung im gewünschten Maaße auszubreiten. Daß ein solches übermäßiges, radiales Ausdehnungsbestreben vorhanden und daß ein solcher schnürender Widerstand von Seite der Epidermis ausgeübt wird, scheint mir aus den von A. Braun beobachteten Aufreißen der tonnenförmigen Stellen hervorzugehen.

Es sind also bei der Zwangsdrehung zwei Punkte auseinander zu halten; erstens die Hypertrophie, zweitens die vermehrte Spiraldrehung. Die Hypertrophie verursacht die tonnenförmige Auftreibung und vermehrt die Nothwendigkeit der spiraligen Drehung. Die Spiraldrehung selbst aber ist der durch eine am Umfange einer Querzone nach einander, nicht gleichzeitig eintretende Streckung der Zellparthien gebotene Entwicklungsmodus. Es ist das Ausweichen der sich allmählich vergrößernden Gefäßbündel eines Querschnittes, die während ihrer Längsstreckung sich auch in der Breite ausdehnen, aber dabei durch den Rindendruck eine Hemmung erfahren.

Diese Hemmung wird um so größer sein, je stärker schon die Epidermis

zur Zeit der starken Längsstreckung des Internodiums ist. Je schneller also ein Sproß wächst, desto geringer die Pressung des Rindendrucks, desto geringer das seitliche Ausweichen der Blattspurstränge; umgekehrt sieht man bei verlangsamtem Längenwachsthum auf trocknem Boden, wo die Epidermis sich schneller verdickt und ihren Druck erhöht, eine stark vermehrte Drehung; man denke an Syringa, an Pinus silvestris u. A. auf sterilem Boden.

Für die Kultur hat demnach die erhöhte, gewöhnliche Drehung der Holzfaser eine höhere symptomatische Bedeutung, wie die Zwangsdrehung. Erstere wird auf einen unzusagenden, in der Regel zu trocknen Boden hinweisen. Lockerung und reiche Düngung dürften sich nützlich erweisen.

Wasserreiser.

Man versteht unter Wasserreisern, W a s s e r l o d e n oder R ä u b e r n ungemein kräftige, mit langen Internodien versehene, senkrecht aufwärts strebende Laubtriebe, die aus alten Aesten oder Stämmen entspringen. Häufig zeichnen sich die mit F l e c h t e n überzogenen Stämme durch reichliche Räuberbildung aus. Da die Räuber in die Mitte der Krone hineinwachsen, so erzeugen sie grade an denjenigen Stellen Holz und zwar unfruchtbares Holz, die man möglichst astfrei haben möchte, damit genügend Licht und Luft dem Innern der Baumkrone zu Theil werden können. Räuber zu entfernen, wird aber nicht rathsam erscheinen, wenn die Ursache dieser Bildungen nicht gleichzeitig gehoben wird. Die Ursache wird in den meisten Fällen in einem undurchlassenden Untergrunde zu suchen sein. Die Wurzeln des starken Baumes gelangen früher oder später auf diese undurchdringliche Schicht, die sich nicht selten als eine Ader eisenschüssigen, sehr fest verkitteten Sandes erweist. Dadurch wird die Nahrungsaufnahme beschränkt; der Baum macht kurze Triebe, kleinere Blätter, trägt aber dabei noch Früchte. In einem warmen und feuchten Frühjahr, in welchem alle Bäume starke Laubtriebe machen, erscheint die Energie des geschwächten Baumes durch die günstigen Vegetationsbedingungen ebenfalls gesteigert. Der starke Wasserauftrieb veranlaßt Adventivknospenbildung oder reizt schlafende Augen und zwar solche, die nicht allzuweit von der Mittellinie des Stammes entfernt sind; denn der Wasserauftrieb und damit die Ernährung ist in der senkrechten Richtung viel energischer, als in der geneigten Lage. Dies weiß der Gärtner bekanntlich bei der Spalierzucht zu verwerthen, indem er Horizontaläste auf der einen Seite des Stammes, die schwächer, als die correspondirenden auf der andern Seite, für ein Jahr hindurch in eine senkrechtere Lage bringt und dadurch eine viel größere und schnellere Kräftigung und Ausbildung erzielt. Es richtet sich also durch die Ausbildung dieser Wasserschosse eine immer größer werdende Ungleichheit in der Ernährung auf Kosten der älteren, horizontaleren Zweige ein, welche nun Mangel leiden. Daraus erklärt sich das bei dem Auftreten der Wasserloden beginnende Absterben der Zweig-

spitzen älterer Seitenäste. Ein Theil des Baumes verhungert bei üppiger Entfaltung eines andern Theiles.

Wie gesagt, ist bei solcher Störung im Gleichgewicht der Ernährung es kaum gerathen, die Wasserreiser zu entfernen; vielmehr wird es vortheilhafter sein, bei älteren Bäumen die Wasserschosse mit werthvollen Sorten zu veredeln und mit der Säge gleichzeitig eine Parthie älterer Aeste zu entfernen, so daß der Baum auf diese Weise verjüngt wird. Wenn man an Stellen, deren Untergrund sich ohne großen Kostenaufwand nicht öffnen läßt, durch eine Düngung in einiger Entfernung vom Stamme dafür sorgt, daß seitlich der Baum eine neue kräftige Wurzelentwicklung erlangt, so dürfte für eine längere Reihe von Jahren hindurch dem Uebel gesteuert sein. Junge Bäume wird man durch Verpflanzen gänzlich heilen können.

Es muß übrigens hervorgehoben werden, daß von selbst die Räuberbildung an vielen Bäumen wieder nach einigen Jahren verschwindet. Dies ist nämlich dort der Fall, wo solche Wasserschossen durch unmäßiges Zurückschneiden der Baumkronen hervorgelockt worden sind. Namentlich in Baumalleen, an Straßen und auf Dorfangern, in Baumpflanzungen, durch welche eine Straße oder Eisenbahnlinie hindurchgezogen worden ist, zeigt sich auf den dem Verkehrswege zugewandten Baumseiten sehr häufig eine starke Entwicklung von Räubern.

Bei solchen Straßenpflanzungen wird erst in neuerer Zeit der junge Baum durch allmähliche Entfernung zu tief hängender Zweige in noch jugendlichem Alter derart herangezogen, daß seine Krone die Passanten nicht behindert. Früher ließ man die Bäume jahrelang ungestört wachsen und erst, wenn die starken, in die Straße hineinreichenden Aeste dem Fuhrwerk und den Fußgängern ernstliche Belästigung verursachten, wurde zur Abhülfe geschritten. Die Hülfe bestand dann darin, daß die starken Aeste an der Straßenseite einfach abgehauen wurden. Da der Wurzelapparat unbehelligt blieb, so pumpte derselbe bei beginnender Vegetationszeit eben soviel Wasser in die Höhe, wie vor der Verminderung der Baumkrone. Durch die Fortnahme der Aeste ist aber ein kleinerer Verbrauchsheerd geschaffen und in Folge dessen werden schlafende Augen geweckt und zu so schlanken Trieben ausgebildet, daß dieselben zu Wasserschossen werden, deren Seitenaugen manchmal noch im Jahre der Entstehung wieder austreiben. In diesem Falle machte übrigens schon Th. Hartig[1]) die Bemerkung, daß diese verfrühten Triebe keine Basalaugen entwickeln.

Wenn Räuber durch plötzliche Entnahme starker Aeste aus der Baumkrone entstehen, dann läßt sich ihre Ausbildung verlangsamen, wenn man durch Schröpfen andere Ableitungsheerde schafft. Bei Ausästungsarbeiten im Frühjahr wird Schröpfen sogar die Wasserlodenbildung verhindern können; ebenso

[1]) Vollständige Naturgeschichte d. forstl. Kulturpflanzen, S. 176.

dürfte ein Einhauen in einen starken Wurzelast in der Nähe der Stammbasis an der Seite, an welcher die Baumkrone stark ausgedünnt worden, den Wasserzufluß mindern und die Räuberbildung verhüten.

Durchwachsen der Kartoffeln.

Auf vorzeitiger Entwicklung der Augen (Prolepsis) beruht das sog. Durchwachsen der Kartoffeln. Dasselbe besteht darin, daß die Knollen noch am Mutterstocke die Augen, welche im nächsten Jahre austreiben sollen, schon in diesem Jahre zu Trieben entwickeln, welche entweder schlank, dünn und blättertreibend, oder aber kurz und dick sind und unmittelbar als kleine Knollen an der großen sitzen (Kindelbildung). Die Erklärung für diese Erscheinung liegt sehr nahe. Die Kartoffelstaude entwickelt, nachdem sie einige Zeit kräftiges Laub gebildet, allmählich die Spitzen oder Seitenaugen der unterirdischen Triebe zu Knollen, welche die erarbeitete Stärke aufspeichern. Je trockner die Sommerzeit, um so schneller reift die Knolle aus, indem sie bei mäßiger Vergrößerung und Vermehrung ihrer Zellen auch die Stärkekörner in den Zellen vergrößert und die Zellwände verdickt. Allmählich verlieren die Zellwände mit Ausnahme der jugendlichsten Zellen des Auges die Fähigkeit, sich bedeutend zu strecken.

Wenn nun nach längerer Trockenheit und vorgeschrittener Reife ein bedeutender Wasserauftrieb in die Knolle gelangt, wird der Druck des durch reichliche Wasseraufnahme vermehrten Zellinhalts sich namentlich in den jungen Zellen des Auges geltend machen und ihre noch leicht dehnbaren Wandungen strecken, d. h. das Auge wird sich verlängern, grade so wie im Frühjahr durch den Wasserdruck das Austreiben der Augen unserer Bäume theilweis mit bedingt wird. So entstehen aus den Augen der Knolle junge Zweige, welche bei dauerndem Wasserzufluß durch anhaltend feuchte Witterung sich verlängern, bis sie die Bodenoberfläche erreichen und sich nun zu beblätterten Trieben ausbilden. Dies ist der seltnere Fall. In der Regel sind es vorübergehende Regenperioden, welche einen kurz dauernden Wasserauftrieb in der Knolle hervorrufen; dann bleibt der Trieb kurz und verdickt sich zur secundären Knolle (Kindel).

Daß die Zellen mit der Reife der Knolle ihre Dehnbarkeit verlieren, sieht man recht deutlich an der Korkschale, die bei jungen Knollen immer glatt ist. Wenn die Knollen recht reif sind, ist die Schale rauh, weil die zuerst dicht mit einander verbundenen Zellen der Korkschale dem Druck des sich ausdehnenden Parenchyms der Knolle nicht mehr durch Dehnung der Wandungen folgen konnten, sondern an zahlreichen Stellen auseinander gesprengt werden, wodurch die Rinde rissig wird. Unter den Rißstellen haben sich neue Korkzellen gebildet. Das Eintreten des Rissigwerdens der Schale hängt natürlich von der Sorte ab. Je rissiger bei sonst glattschaligen Sorten eine Knolle ist, um so reifer und stärkereicher ist dieselbe.

Das Durchwachsen der Knollen hat nun in vielen Fällen insofern einen schädlichen Einfluß, als sich dadurch die Quantität Stärke, die wir als Bodenrente entnehmen, in minder leicht gewinnbarer Form darstellt. Man erhält neben den großen Knollen eine Menge kleiner, die weniger reif und daher stärkeärmer sind. Die einmal gebildeten Knollen werden nach den Untersuchungen von Kühn[1]) und Weidner[2]) durch das Kindelbilden nicht ärmer an Stärke. Diejenige, welche in den secundären Knollen sich vorfindet, stammt nicht aus den Mutterknollen, sondern ist neu in den Blattorganen gebildete und von dort herabgewanderte. Nur bei den Stöcken, deren Kraut schon abgestorben ist, bringt plötzlich erneuete Wasserzufuhr die Kindelbildung auf Kosten des Stärkegehaltes der alten Knolle hervor. Beide, Mutter und Kind haben erst den Stärkegehalt einer nicht durchwachsenen Knolle.

Von dem Gesichtspunkte ausgehend, daß das unzeitgemäße Wiedereintreten oder Ueberwiegen der „Sproßkraft" über andere Wachsthumsrichtungen der typische Vorgang bei der Verlaubung ist, können wir noch eine Anzahl anderer Erscheinungen als verwandt mit dem Durchwachsen der Kartoffeln anreihen. Um Mißverständnissen zu begegnen, sei noch einmal hervorgehoben, daß wir unter „Sproßkraft" keine besondere, etwa durch pathologische Vorgänge geweckte Aeußerung des Organismus verstehen, sondern nur eine bestimmte, an und für sich vollkommen normale Wachsthumsrichtung, deren Produkt die Herstellung vegetativer Organe ist. Das pathologische Moment besteht hier und in andern Fällen in dem Dominiren oder Andauern dieser Wachsthumsrichtung zu einer Zeit, in welcher das erarbeitete, plastische Material für andere Zwecke in der pflanzlichen Oeconomie bestimmt ist. Diese anderen Zwecke sind außer den frühergenannten, die Anhäufung der erarbeiteten, organischen Substanz in den Reservestoffbehältern des Samens oder der Frucht, der Knolle, Wurzeln u. dgl.

Vorzeitige Samenbildung.

Ebenfalls als Form von Prolepsis zu betrachten ist das oft in Folge starker Regengüsse nach anhaltender Trockenheit auftretende „in Samen schießen", d. h. die Entwicklung der Blüthe von zweijährigen Kulturpflanzen schon im ersten Jahre der Kultur. Solche zweijährige Pflanzen, wie die Runkelrüben, die Kohlrüben, die Mohrrüben, Sellerie ꝛc. erfüllen dadurch erst ihren Zweck für unsern Haushalt, daß sie im ersten Vegetationsjahre in irgend einem Theile ihres Körpers die Stoffe in Form von Stärke, Oel oder Zucker ꝛc. niederlegen, die im zweiten Jahre zur Ausbildung der Blüthe Verwendung finden sollen. Diese Eigenthümlichkeit erhält sich durch die Kultur, welche die durchschnittlich warme und trockene Sommertemperatur benutzt, die Arbeitsprodukte

[1]) Zeitschrift d. landw. Centralver. der Prov. Sachsen 1868, S. 322.
[2]) Annalen des Mecklenb. patriot. Ver. 1868, Nr. 39.

der Blätter in den rübenartigen Wurzeln oder Stengeln aufzuspeichern. Der Reservestoffbehälter, der hier vorzugsweise häufig als rübenförmige Wurzel erscheint, geht, wie die Kartoffelknolle, einem allmählichen Reifezustande entgegen, wo die Stoffaufnahme nicht mehr die Stoffumwandlung und den Stofftransport überwiegt. Solcher Reifezustand tritt um so früher ein, je mehr eine trockne, warme Witterung die Verdickung der Zellmembran begünstigt, wobei die Dehnbarkeit vermindert wird. Wenn dann eine plötzliche Wasserzufuhr die Vegetation zu neuer Energie anregt, so ist der Zustand der Pflanze ein anderer, als im feuchten Frühjahr, wo die Hauptthätigkeit der jungen Pflanze, nämlich die schnelle Ausbildung des Wurzelkörpers und die damit verbundene, reiche Nahrungsaufnahme, die Zellvermehrung begünstigen, und wo sämmtliche Zellmembranen noch dehnbar sind. Auch hier wirkt der erneuete Wasserauftrieb, namentlich bei reichlich löslicher Bodennahrung auf die jungen, noch streckbaren Zellpartien am meisten ein. Die jugendlichen Gewebe treten in neue Zellvermehrung. Das Herz der Wurzel beginnt zu wachsen und nun den Blüthenstengel zu treiben. Dieses Austreiben geht meist auf Kosten der im Rübenkörper gespeicherten Nahrung.

Die in Samen geschossenen Pflanzen sind am besten alsbald ganz zu entfernen; wenigstens mag man, wenn die Wurzeln noch Verwendung finden sollen, solche bald verbrauchen, weil sie viel leichter zum Faulen geneigt sind, wie nicht geschoßte. In den Zuckerfabriken sollen die geschoßten Runkeln meist zuerst verarbeitet werden.

Aus den Wollny'schen Rübenkulturversuchen geht übrigens hervor, daß eine frühe Bestellung zwar zu einer Steigerung des Zuckergehaltes bei Runkelrüben führt, aber auch den Prozentsatz der in Samen schießenden Exemplare vermehrt.[1]) Dieselbe Ansicht sprechen Meyer und Giersberg[2]) aus, die auch auf die Wahl eines guten Saatgutes großes Gewicht legen. Bei gut ausgereiftem Samen von „in Samen geschossenen" Rüben fand Briem[3]) keinen Unterschied betreffs der Keimfähigkeit, sowie des Zuckergehaltes der erzielten Wurzeln gegenüber den normalen Rüben. Einen praktischen Wink für die Auswahl des Saatgutes ergaben die von Rimpau[4]) bestätigten Beobachtungen von Jühlke. Nach diesen sollen die Samenknäule, welche nur wenig Samen (1—2) enthalten, mehr Aufschuß geben, als solche mit 4 Samen. Die von andern Beobachtern angegebene Erfahrung, daß mehrjähriges Saat-

[1]) Wollny: Beiträge zur Rübenkultur. Zeitschr. d. landw. Ver. in Bayern, 1880, S. 27.

[2]) Biedermann's Centralbl. f. Agrikultur-Chemie, 1880, S. 916.

[3]) Organ d. Centralv. f. Rübenzucker-Industrie in d. österr.-ung. Monarchie, 1879, S. 809.

[4]) W. Rimpau: Das Aufschießen der Samenrüben. Landwirthsch. Jahrb., 1880, IX., S. 191. — Zeitschr. d. Ver. f. Rübenzucker-Industrie. Lief. 292, Mai 1880, S. 415.

gut einen geringeren Prozentsatz an Aufschußsamen liefert, als frisches, hat sich nicht immer bei den Rimpau'schen Versuchen bestätigt; dagegen erwies sich die von praktischen Landwirthen gemachte Angabe als richtig, daß die Rüben, welche als junge Pflänzchen Frostnächte auszuhalten haben, mehr Aufschuß liefern, als frostgeschützte Kulturen. Auch tiefe Saat vermehrt die Neigung zum Samenschießen.

Daß die Neigung zum Aufschießen erblich wird, ist bekannt, und bei derartig erblich gewordener Neigung fällt die relative Güte und Größe des Saatgutes nicht mehr in's Gewicht. Große und kleine Knäule von geschoßten Pflanzen ergaben annähernd denselben sehr hohen Prozentsatz an proleptischen Rüben, und durch fortgesetzte Kultur von Rüben aus ausgeschoßten Pflanzen konnte Rimpau schließlich diese für unsern Kulturzweck schädliche Abnormität zu einer ganz regelmäßigen Erscheinung machen. Dieser Umstand und die Aussaatergebnisse von Samen der wilden Beta vulgaris, die, im Frühjahr gesäet, fast constant einjährige Pflanzen lieferte, berechtigen zu dem Schlusse, daß unsere Runkel überhaupt einjährig ist und erst durch die Kultur zweijährig geworden.

Demnach wäre das Samenschießen der Rüben eine nur den Kulturzweck schädigende Rückkehr der Wachsthumsrichtung zur ursprünglichen Vegetationsweise.

Unsere Kulturrübe erscheint als ein Mastungsprodukt, bei welchem die Kultur verstanden hat, den Reservezucker zu speichern. Es wird diese Ansicht durch die Pellet'sche Analyse [1]) von normalen und geschoßten Rüben bestätigt. Die normale Rübe enthält an Stickstoff:

in d. Trockensubstanz	0,5	% in d. Wurzel	0,714	% in d. Blättern
„ „ Frischsubstanz	0,083	„ „ „ „	0,035	„ „ „ „

die geschoßte Rübe enthielt:

in d. Trockensubstanz	0,236	„ „ „ „	0,524	„ „ „ „
„ „ Frischsubstanz	0,0403	„ „ „ „	0,0110	„ „ „ „

Die Analyse zeigt auch, wie wasserreich die Frischsubstanz der geschoßten Rüben sowohl im Wurzelkörper als in der oberirdischen Achse war. Auf 100 Theile des gefundenen Zuckers kamen bei der normal zweijährigen Rübe 16,219 Theile Aschenbestandtheile, bei der geschoßten dagegen 31,829 Theile. Diese enorme Differenz wird fast ausschließlich durch das verschiedene Verhalten der oberirdischen Theile hervorgebracht, da die Mineralstoffe in den Wurzeln sowohl in ihrem Gesammtgehalt als in ihrer Beziehung zu 100 Theilen Zucker wenig Verschiedenheit zwischen geschoßten nnd nicht geschoßten Rüben zeigen.

Einen wichtigen Wink zur Verhütung dieses für die Kultur so schädlichen

---

[1]) Jahresbericht f. Agrikultur-Chemie, 1880, S. 217, nach Compt. rend. XC, S. 824.

Rückschlages giebt ein Rimpau'scher Versuch mit sogenannten „Trotzern" d. h. solchen Samenrüben, welche auch im zweiten Jahre noch keine Blüthenstengel produzirt haben, sondern solche erst im dritten Jahre entwickeln. Die von solchen Trotzern gewonnenen Samen ergaben bei der Aussaat nicht wieder Trotzer, sondern ebensolche Pflanzen wie die von zweijährigen Mutterpflanzen. Die Menge der geschoßten Pflanzen unter den von Trotzern stammenden Rüben betrug aber nur 0,8 %, während die danebenstehende, aus einem auf gewöhnliche Weise gezogenen Saatgut stammende Rübenkultur 9,84 % geschoßte Exemplare aufwies. Es ist also diese Samenzucht aus Trotzern zur Verhütung des Aufschießens sehr empfehlenswerth, zumal da die Analyse ergab, daß eine Verspätung des Reifens und somit ein geringerer Zuckergehalt zur Erntezeit bei den aus Trotzern erzogenen Rüben sich nicht zeigten.

Ausgewachsenes Getreide.

Als eine weitere Schädigung durch unzeitgemäße Wasserzufuhr ist auch das durch wiederholte Regenschauer in der Ernte häufig genug vorkommende Auswachsen des Getreides zu erwähnen. Der Nachtheil ist um so empfindlicher, da das ausgewachsene Samenkorn weder zu Nahrungszwecken, noch auch zur Saat taugliche Verwendung finden kann. Selbstverständlich leidet die Keimfähigkeit bei späterer Verwendung als Saatgut um so mehr, je länger bereits die Körner ausgetrieben hatten. Ehrhardt[1]) fand, daß auch die Schwäche und daher die Sterblichkeit der Pflänzchen in dem Maaße zunahm, in dem ihre Entwicklung bereits durch das vorzeitige Auswachsen Fortschritte gemacht hatte. Die eingehendsten wissenschaftlichen Beobachtungen über die Veränderungen des Samenkornes durch das Auswachsen verdanken wir Märcker und Kobus[2]). Ersterer untersuchte Gerste, welche bei der Ernte zur Hälfte ungeschädigt eingebracht worden war, zur andern Hälfte aber fast 14 Tage lang durchnäßt in Folge von Regenwetter stehen geblieben war. Die Unterschiede zeigten sich bei Bestimmung der in Wasser löslichen Bestandtheile; denn es betrugen

	bei ausgewachsener	und bei gut eingebrachter Gerste
die lösliche Stärke .	1,17 %	1,76 %
Dextrin	0,00 „	1,10 „
Dextrose	4,92 „	0,00 „
Maltose	7,32 „	3,12 „
sonstige lösliche Stoffe	5,23 „	5,64 „
	18,64 %	11,62 %

[1]) Deutsche landwirthsch. Presse, 1881, Nr. 76.

[2]) Aus Braunschweiger landw. Z., 1882, Nr. 22, cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agrikultur-Chemie, 1883, S. 326.

Wir sehen somit, daß sich in Folge energischer Diastasewirkung aus Stärke und Dextrin eine sehr reichliche Zuckerbildung eingeleitet hat. Der Gehalt an Stärkemehl war durch das Auswachsen von 64,10 % auf 57,98 % gesunken. Die bedeutende Menge von Diastase würde nun, wenn man die Körner auf Stärke verarbeiten würde, voraussichtlich beim Einweichen weitere Stärkequantitäten in Dextrin und Zucker überführen und empfindliche Fabrikationsverluste veranlassen. Die größten Veränderungen haben aber durch das Auswachsen die stickstoffhaltigen Bestandtheile der Körner erlitten. Während nämlich der Ammoniakgehalt unverändert geblieben war, (Salpetersäure fand sich in nennenswerther Menge in keiner von beiden Körnersorten vor) hatte das lösliche Eiweiß eine starke, das unlösliche eine etwas weniger große Verminderung erfahren. Diese Verminderung erklärt sich durch die relativ außerordentlich große Steigerung des Gehaltes an Amiden. Es war somit bei dem Auswachsen zuerst das lösliche, später auch bereits ein Theil des unlöslichen Eiweißes zur Amidbildung verbraucht worden.

Zu denselben Resultaten kam Kobus bei der Untersuchung von ausgewachsenem Weizen, dessen Klebergehalt beim Auswachsen eine Verminderung von 20—25 % erfahren hatte. Aus diesen Umstande erklärt sich die bekannte Verringerung der Backfähigkeit eines Mehles von ausgewachsenen Körnern.

Die Keimfähigkeit war in den von Märcker ausgeführten Versuchen von 98 % auf 45 % gesunken.

Man ersieht hieraus, wie sehr sich selbst die größten Kraftanstrengungen belohnen, die eventuell zur trocknen Einbringung der Ernte gemacht werden müssen.

Ähnliche Verluste werden auch andern Feldfrüchten, wie z. B den Lupinen, Raps, Runkeln drohen. Nicht minder gefährlich in Beziehung auf ihre Verwendung als Saatgut werden die seltner vorkommenden Fälle sein, in denen innerhalb der Frucht und äußerlich nicht bemerkbar eine Keimung der Samen stattfindet. Ich sah solche Fälle bei Birne, Melone und Kürbis. Andere Beobachter fanden derartige „vorzeitig keimende Samen“ außer bei Kürbis auch bei Orangen, und zwar sowohl bei solchen Früchten, die sehr lange auf dem Baume geblieben waren, als auch bei solchen, die sich kürzlich erst gefärbt hatten. [1])

Kräuselkrankheit der Kartoffeln.

Auf sehr starke Düngung, glaube ich, wird die Kräuselkrankheit der Kartoffeln zurückzuführen sein. Die Krankheit welche nach Kühn [2]) zuerst im

[1]) Gartenzeitung v. Wittmack 1884, 21. Februar, S. 90. — Deutscher Garten 1881, S. 561.

[2]) Krankheiten der Kulturgew. 1858, S. 200 und Berichte aus dem physiol. Laborat. d. landw. Inst. zu Halle. Heft I, 1872, S. 90.

Jahre 1770 in England, 1776 in Deutschland epidemisch auftrat und außerordentlichen Schaden verursachte, besteht zunächst aus einer Verfärbung des Laubes, das nicht mehr das frische Aussehen wie an der jungen Pflanze besitzt. Der Hauptblattstiel zeigt sich meist nach unten gebogen oder vollständig eingerollt; die einzelnen Blattabschnitte sind gefaltet, wellig hin und her gebogen, mit braunen, meist länglichen Flecken versehen. Letztere dehnen sich auf die Hauptrippe des Blattes und endlich auf den Stengel aus. Zuerst sind nur die oberflächlichen Zellen der Flecke braun; später geht die Erkrankung des Gewebes tiefer in's Innere und im Stengel bis auf den Markkörper. Dabei ändert sich die Stengelbeschaffenheit von der normalen Biegsamkeit bis zur glasartigen Sprödigkeit. Dazu zeigt sich nach Schacht[1]) eine sehr reichliche Zuckerbildung in den kranken Zellen. Wenn sich solche Pflanzen bis zur Ernte wirklich lebendig erhalten, zeigen sie doch gar keinen oder höchst spärlichen Knollenansatz.

Man hat die Krankheit für eine Degeneration der Knolle in Folge zu lange anhaltender, ungeschlechtlicher Vermehrung erklären wollen und gemeint, daß frisch aus Samen gezüchtete Sorten nicht erkrankten. Die Ansicht hat sich als völlig irrig erwiesen, da ganz junge Sorten in Sämlingsexemplaren zu Grunde gingen. Es zeigte sich diese Erscheinung nach mehrtägigem Regen zu Ende Juni oder Anfang Juli. Dieser Umstand spricht sicherlich für die Ansicht, daß eine reichliche Nährlösung nicht genügend von der Pflanze verarbeitet worden ist.

Wenn es, wie die Praxis behauptet, nun nicht zu umgehen ist, daß zu Kartoffeln gedüngt werde, so wird man doch zur Vorbeugung größerer Verluste möglichst verrotteten Dung anzuwenden und vor allen Dingen gut drainirtes Land oder leichten Boden und hohe Lage für Kartoffeln aufzusuchen haben.

Das letzte Jahrzehnt hat eine bedeutende Anzahl von Versuchen über die Kräuselkrankheit zu Tage gefördert, von denen mehrere geeignet sind, die oben ausgesprochene Vermuthung über die Ursache der Krankheit als irrig hinzustellen und die erste Veranlassung in der Vegetation eines Pilzes zu suchen.

Namentlich ist es die eingehende Arbeit von Reinke und Berthold[2]), welche den Nachweis liefert, daß ein Pilz, Verticillium albo-atrum Rke., Erscheinungen an gesunden Knollen hervorzurufen vermag, die der Kräuselkrankheit gleichen. Schon früher war Hallier[3]) zur Ansicht gekommen, daß ein Pilz (Pleospora polytricha Tul.) die Kräuselkrankheit verursache. Hallier

---

[1]) Bericht an das Kgl. Landesökonomiecollegium über die Kartoffelpflanze und deren Krankheiten 1854, S. 11.

[2]) Untersuchungen aus dem bot. Laboratorium der Universität Göttingen. I. Berlin, Parey 1879, S. 67, Taf. VIII u. IX.

[3]) Deutsche landw. Presse 1876, S. 79 ff. Die Plastiden der niederen Pflanzen, Leipzig, Reisland 1878, S. 7—33.

erklärt das Fehlen jeglicher Mycelbildung in kräuselkranken Pflanzen (wie solches von Kühn, Schenk und auch von mir beobachtet worden) dadurch, daß die Krankheit in zwei Generationen ihren ganzen Cyclus erst durchläuft. Die Generation des ersten Jahres beherberge den Pilz, dessen Mycel aus dem Boden in die Saatkartoffel eindringt und langsam in die Triebe hineinwächst. In den Trieben steigt der Parasit rasch in den Tüpfelgefäßen aufwärts und saugt das Gewebe bis zum Absterben aus. Durch die Stolonen gelangt das Mycel in die neuen Knollen, welche nun im folgenden Jahre Pflanzen erzeugen, deren glasige, aber pilzlose Stengel bald absterben, ohne zur Knollenbildung zu gelangen. Damit erlischt die Krankheit, die nicht ansteckend ist. Schenk[1]) der auf demselben Kulturstück kräuselkranke Pflanzen mit und ohne Pilzentwicklung beobachtete und der (wie ich glaube, mit Recht) 2 verschiedene Krankheiten mit sehr ähnlichen Symptomen annimmt, nannte den Pilz Sporidesmium exitiosum var. Solani. Dieser Beobachter spricht nur die pilzlose Form für die ächte Kräuselkrankheit an, deren Ursache er in einer noch unbekannten Störung des Ernährungsprozesses sucht.

Die Untersuchungen von Reinke bestätigen in wesentlichen Punkten die Angaben von Hallier, namentlich betreffs des Vorhandenseins zweier Generationen, von denen die zweite nicht mehr im Stande ist, neue Knollen zu erzeugen. Auch die Ueberwinterung des Mycels in der Ansatzstelle des Stolo (Brutträgers) und theilweise im Innern der erzeugten Knolle und die Produktion der charakteristischen, kräuselkranken Triebe aus den Knollen der ersten Generation wird bestätigt. Diese Triebe sind nicht mycelhaltig; wohl aber (was Hallier nicht gefunden) zeigt die zweite Generation das constante Vorkommen von Pilzmycel in der Rinde des untersten Stengelgliedes. In der ersten Generation zeigen sich zwei verschiedene Krankheitsformen, so daß die Krankheit in 3 Typen auftritt, bei denen aber immer ein im Innern der Gewebe vegetirendes Pilzmycel der constante Begleiter ist. „Durch Impfung gesunder Stauden mit diesem Pilze können die Symptome der Kräuselkrankheit hervorgerufen werden.“

Dieser Ausspruch Reinke's ist begründet auf folgende Versuche (a. a. O. S. 86). Stengel gesunder Pflanzen wurden mit dem Scalpell eine kleine Strecke weit der Länge nach aufgespalten und in die Wunde reine Pilzconidien gebracht. Die Oeffnung wurde mit einer Compresse umwunden. Nach 4 bis 6 Wochen zeigten die Stengel, bei denen der Schnitt ein Gefäßbündel getroffen, alle Gefäße mit Mycel erfüllt, theilweis sogar bis zur Spitze hinauf. Stengel wie Blattstiele waren nicht brüchig, die Blättchen beim Welken gelb, aber ohne schwarze Flecken. Die Stengel, bei denen der Schnitt kein Gefäßbündel geöffnet hatte, waren gesund geblieben. Die Conidien hatten zwar gekeimt, das Mycel sich aber nur in den freigelegten und abgetödteten Parenchymzellen aus-

[1]) Biedermann's Centralbl. f. Agrikultur-Chemie 1873, II, S. 280.

gebreitet und einzelne kleine Conidienträger erzeugt. Die allmählich vertrocknenden Stengel schwärzten sich später von dem Mycel ebenso, wie die im Freien gefundenen, kranken Exemplare.

Es ist somit erwiesen, daß das Mycel von pilzkranken Kartoffelpflanzen auf durch Compressen feucht erhaltene Wundflächen gesunder Stengel übertragbar ist; aber es fehlt zunächst der Beweis, daß auch die künstlich inficirten Pflanzen kräuselkranke Brutknollen erzeugen; außerdem waren „die zu den Impfungsversuchen verwendeten Exemplare in Töpfen gezogen und brachten nur winzige Knollen hervor, in denen ebensowenig, wie in den Brutträgern Mycel gefunden wurde."

Auch die den Autoren gelungene Infektion gesunder Wurzeln durch in der Nähe der Spitze angebrachte, mycelkranke Stengelstücke beweist eben nur, daß das Mycel eines Pilzes sich im feuchten Raume auf gesunde Wurzeln übertragen läßt. Ein Beweis, daß das von Reinke studirte Verticillium alboatrum die Kräuselkrankheit hervorruft, erscheint mir somit noch nicht erbracht. Der Zweifel wird verstärkt durch die Angaben über den Pilz selbst, der von den 3 Beobachtern (Hallier, Schenk, Reinke) in so verschiedene Gattungen gezogen wird, daß die Möglichkeit ausgeschlossen ist, es hätten die Beobachter dieselben Gebilde unter Händen gehabt. Es wird somit verschiedenen Pilzen die Erzeugung der Kräuselkrankheit zugeschrieben.

Aus diesen Gründen halte ich vorläufig die Ansicht aufrecht, daß die Kräuselkrankheit recht gut von Pilzen begleitet sein kann, aber nicht durch dieselben in erster Linie veranlaßt wird, sondern daß eine Ernährungsstörung, wahrscheinlich Nährstoffüberschuß, die erste Veranlassung bietet. Ob eine specifische Pilzkrankheit mit den der Kräuselkrankheit gleichenden Symptomen existirt, ist wahrscheinlich, aber durch die bisherigen Impfversuche noch nicht als erwiesen anzusehen.

Ein Unterschied zwischen der ächten und der vermeintlichen, durch Pilze erzeugten Kräuselkrankheit ist besonders zu betonen. Für Letztere geben beide Forscher an, daß die Krankheit durch Mangel an Knollenansatz mit der zweiten Generation zu Grunde geht. Wenn also im Frühjahr die vorjährige, mycelhaltige, erste Generation als Saatgut ausgelegt wird, dann muß der Acker im zweiten Jahre erntelos bleiben. Nun bezeugen aber sämmtliche praktische Anbauversuche mit Knollen kräuselkranker Stöcke ein Ernteergebniß, welches hier und da so groß ausgefallen ist, daß die Praxis die Schädigung durch die Kräuselkrankheit überhaupt mit in den Kauf zu nehmen geneigt ist. Von einem unbedingten Aussterben der aus krankem Saatgut hervorgegangenen Stöcke ist nirgends bei der eigentlichen Krankheit in den neueren Versuchen die Rede; nur ältere Angaben erwähnen die Unfruchtbarkeit und das vorzeitige Sterben der pilzfreien Stöcke.

Von den volles Vertrauen verdienenden Anbauversuchen nennen wir in

Dieses Verhalten berechtigt zu der am Anfange ausgesprochenen Ansicht, daß die Krankheit eine Folge hochconcentrirter Bodenlösung ist, wie sie stellenweis bei intensiver Düngung und ungleichmäßiger Vertheilung gar nicht selten vorkommen dürfte. Bei reicher, andauernder Wasserzufuhr werden die Zustände minder gefährlich, die Vegetationszeit eine längere, das Ernteergebniß ein besseres sein. Daher sehen wir die Gleason auf schwereren Böden weniger als auf leichteren leiden. Wenn das Saatgut im nächsten Jahre unter günstigen Witterungsverhältnissen in kräftigen Boden gelangt, kann es ganz normale Pflanzen bringen. Kommt es dagegen in Boden- und Witterungsverhältnisse mit großen Schwankungen, dann bedingen dieselben ein schnelleres Absterben der aus minder ausgereiften Knollen hervorgegangenen, zarteren Triebe. Wie viele Generationen hindurch sich der Charakter der Kräuselkrankheit erhält, hängt von den Bedingungen ab, unter denen die Knollen kultivirt werden.

Sollten spätere Untersuchungen thatsächlich überall einen und denselben Pilz in den kräuselkranken Pflanzen ergeben, dann würde ich den Pilz dennoch als sekundäre Erscheinung betrachten, die erst dann zur Entwicklung kommt, wenn die Pflanze durch ungeeignete Ernährungsverhältnisse dem Schmarotzer einen günstigen Nährboden bietet.

Böden mit anhaltender, aber nicht überschüssiger Feuchtigkeit und mäßigem Nährstoffkapital würde ich für die geeignetsten halten, um die Kräuselkrankheit zu vermeiden.

Wurzeln aus der Spitze von Getreidekörnern.[1])

Eine eigenthümliche Krankheitserscheinung, deren primäre Veranlassung ebensowenig sicher festgestellt ist, wie bei der vorigen Krankheit, hatte ich Gelegenheit, im Jahre 1876 zu beobachten. Herr Landwirthschaftslehrer Wolfes in Dargun (Mecklenburg-Schwerin) übersandte 14 Weizenkörner, welche durch Hypertrophie den Embryo nicht seitlich am Sameneiweiß, sondern mitten im Endosperm eingeschlossen zeigten. Die Körner waren im Herbst gesäet und, zum Theil im Frühjahr mit Wurzeln ohne Triebe versehen, im Boden wiederaufgefunden worden. Ihre Gestalt (Fig. 9 u. 10) war entweder schlank birnenförmig, oder auch an einem Ende cylindrisch und am anderen, sich schnell verjüngenden, die Form eines Geigenhalses annehmend. Bei manchen Körnern


Fig. 9.


Fig. 10.

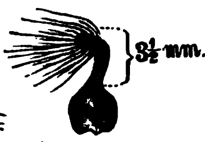


Fig. 11.


Fig. 12.

[1]) Sorauer: Nicht keimende Weizensaat. Wiener landwirthschaftl. Zeitg. 1876, Nr. 48.

(Fig. 10 und 11) war die Verlängerung des schmalen, dem Embryo entgegengesetzten Endes so bedeutend, daß dadurch ein 2—3,5 mm langer, nach oben gekrümmter Hals gebildet wurde.

Bei 12 Körnern, deren Länge von $^3/_4$ — 1 $^1/_4$ cm schwankte, trug der Hals eine große Anzahl von 1—2 cm langen, sehr dünnen, fädigen, dicht büschelig gestellten Wurzeln, welche fast ihrer ganzen Länge nach behaart waren.

Wenn man die hier und da gesprengte, stellenweise runzelige Fruchtschale von dem Korn vorsichtig mit der Nadel abzuheben suchte, fand man, daß dieselbe an einzelnen Stellen noch dicht auf dem Korn aufgekittet war und in der Umgebung dieser meist etwas dunkler gefärbten Stellen abbrach; dagegen blieb ihr oberer Theil fast stets in festem Zusammenhange mit dem schnabelförmigen Fortsatze, der sich dann im Ganzen wie eine strohige Kappe von dem eigentlichen Samenkorn abheben ließ. (Fig. 11.) Der Hals stand also zur Zeit der Untersuchung mit dem eigentlichen Samenkorn in keiner anderen Verbindung als durch die Fruchtschale, aus deren Substanz er auch gebildet zu sein schien. Im frischen Zustande des Kornes hat derselbe sicher fest auf dem Samen aufgesessen, da einzelne concave Stellen, welche man mit der Loupe an der inneren Kappenwand wahrnahm, zu den kleinen, convexen Erhabenheiten paßten, welche auf dem Samenkorne sichtbar waren.

Außer dem merkwürdigen, schnabelförmigen Fortsatze mit seinen Wurzeln war aber noch der Umstand auffallend, daß die sonst überall vorhandene Furche diesen Weizenkörnern fehlte; ebensowenig war der Keimling, welcher an der Basis des normalen Kornes sitzt und durch die Fruchtschale hindurch sofort kenntlich ist, bei den aufgefundenen Körnern bemerkbar. Der Mehlkörper selbst endlich zeigte bei dem Zerschneiden nur zum kleinen Theil jene weiße Farbe des gesunden Kornes; er war namentlich vom Rande her auf weite Strecken glasig durchscheinend und gelblich. Der Geruch war ranzig. Die für den Stärkenachweis maßgebende Blaufärbung bei Zutritt von Jod trat nur in denjenigen Gewebepartien des Kornes intensiv auf, welche auf dem frischen Schnitte weiß und mehlartig sich zeigten, während die glasigen Stellen meist nur leicht hellblauen Zellinhalt aufwiesen.

Die Kleberschicht war bei den eingesendeten Körnern aus Mecklenburg gar nicht und die dünne Samenschale nur unvollkommen entwickelt. An Stelle der Kleberschicht (Fig. 13 k) befand sich tafelförmiges Parenchym, dessen Inhalt nicht wesentlich von dem des darunterliegenden Gewebes abwich.

Das Auffallendste an den so abweichend gebaueten Weizenkörnern war aber jedenfalls die Lage des Embryo genau in der Mitte des Kornes (ähnlich wie bei den Typhaceen) gleichmäßig von allen Seiten von stärkeführendem Gewebe des Mehlkörpers (Endosperm) eingeschlossen und auch am entgegengesetzten Ende von demjenigen, welches die Wurzeln (Fig. 13 w) trug. Während bei den normal gebaueten Weizenkörnern der Keimling außen an der Basis des

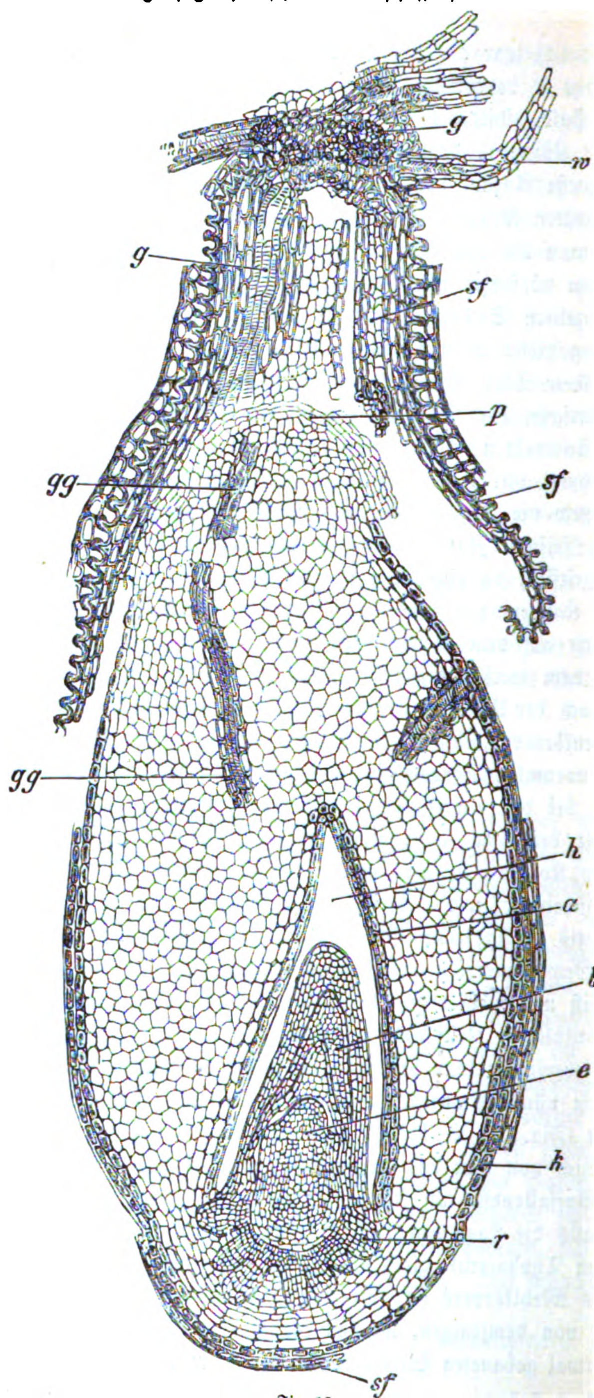


Fig. 13.

Kornes sitzt und mit dem Mehlkörper durch ein besonderes Organ, das Scutellum (den Samenlappen) verbunden ist, liegt hier der Keimling (Fig. 13 e) ohne Samenlappen in einer centralen Höhlung (Fig. 13 h) des Kornes.

Diese Höhlung ist bei einigen Körnern ellipsoidisch, bei anderen dreiseitig; bei einigen geht sie etwa bis in die Mitte des Kornes, bei anderen erstreckt sie sich, nach oben immer enger werdend, bis an die Spitze, ja bis in das Gewebe der Kappe hinein. Auf der Innenseite ist sie mit einer, aus zwei tafelförmigen Zellreihen mit kleberähnlichem Inhalt gebildeten Schicht (Fig. 13 a) ausgekleidet, welche deutlich an die sonst bei gesunden Körnern außen auf dem Mehlkörper aufgelagerte Kleberschicht erinnert.

Die dütenförmig übereinandergeschachtelten, jungen Blätter des Keimlings zeigen keine wesentliche Abweichung; dagegen ist die Zahl der kranzförmig fast in gleicher Höhe entspringenden Keimwurzeln (Fig. 13 r) stets auf 6—8 vermehrt, und diese Wurzeln erscheinen von einer nach Art der Korkzellen geordneten, 6—8 Zellenreihen starken, stärkefreien Parenchymschicht bedeckt.

Auf diesem Gewebe ruht die vereinigte und veränderte Samen- und Fruchtschale (Fig. 13 sf), welche am trockenen Korn nach der Spitze hin immer dicker, derbwandiger, zellenreicher wird und unmerklich sich zu der Kappe ausbildet, die an ihrer Spitze die Wurzeln (Fig. 13 w) trägt.

Von den Wurzeln läßt sich rückwärts der Gefäßbündelstrang in die Kappe hinein verfolgen. Hier sieht man oft mehrere Stränge an der Spitze der Kappe zu einem horizontallaufenden, ringförmigen, dickeren Strange vereinigt.

Noch weiter von der Spitze abwärts sieht man die Gefäßbündelstränge (Fig. 13 g) isolirt in der Nähe des äußeren Umfanges innerhalb der Kappe abwärts laufen, ja sie lassen sich in den Mehlkörper des Kornes hinein verfolgen (Fig. 13 gg). Das normale Korn hat keine ausgebildeten Gefäßbündel im Endosperm und nur eine Anlage dazu im Samenlappen. Hier aber ziehen sich die Gefäßbündel in mehrfach unregelmäßigem Verlauf durch den Mehlkörper und umgeben selbst bei einzelnen Körnern halbkreisförmig den Keimling, welcher, trotzdem daß die Körner vom Herbst bis zum Frühjahr in der Erde gelegen, sich nicht entwickelt hatte.

Bei Zerlegung der kranken Körner in einzelne, zur mikroskopischen Untersuchung geeignete Querschnitte ließ sich nun die wahrscheinliche Ursache dieser auffallenden Verbildung alsbald auffinden. An denjenigen Stellen des Kornes, an welchen die Fruchtschale sich durchaus nicht vom Korn lösen wollte, sondern eine zusammenhängende, feste, gleichmäßige, etwas dunkle Masse bildete (Fig. 14), ließen sich dicke, reichverzweigte, oft mit kurzen, knäuelartigen Astanhäufungen versehene Mycelfäden nachweisen. Die Fäden des farblosen, stark lichtbrechenden Mycels wuchsen quer durch die sehr dicken Wandungen (Fig. 14 m) der Zellen der mit einander verschmolzenen Frucht- und Samenschale. Da, wo die Zellen inhaltsreicher und dünnwandiger wurden, im Gewebe des Mehl-

körpers, häuften sich die Mycelfäden und füllten einzelne Zellen ganz aus (Fig. 14 mm).

In der Umgebung solcher Stellen war die Stärke gelöst, der plasmatische Inhalt erhalten, aber fest, wie nach dem Eintrocknen. In anderen Zellen zeigte sich das feine Netz plasmatischer Substanz, das bei Anwesenheit der Stärkekörner kaum merklich ist, allein vorhanden; es besaß genau die Anordnung, als wenn es sich noch um die Stärkekörner herumlagerte; aber statt der Körner waren meist nur noch die entsprechenden Hohlräume vorhanden. Aehnliche Bilder erhält man in dem Gewebe der trockenfaulen Kartoffeln. Daher die gelbliche, durchscheinende Beschaffenheit der betreffenden Stellen, zwischen welchen, mehr nach der Mitte des Kornes zu, inselartige Zellgruppen mit reichem Stärkegehalt eingestreuet lagen. Diese gemischten Regionen erwiesen sich bei Jodzusatz unter schwacher Vergrößerung hellblau.

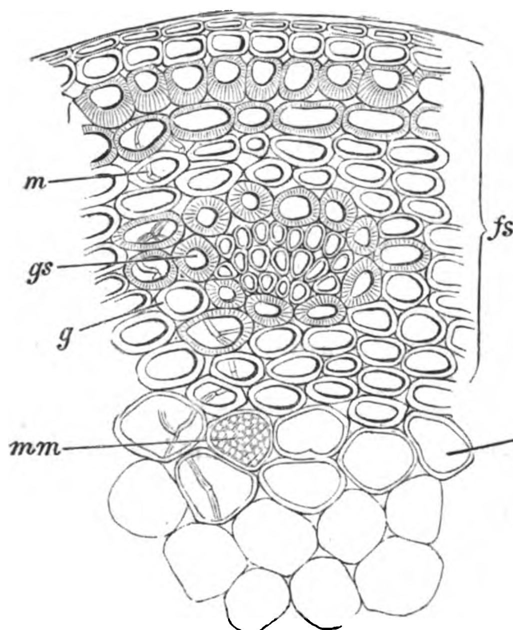


Fig. 14.

Wie abweichend an diesen Stellen das kranke Korn gebaut war, zeigt am besten der Vergleich von Fig. 14 mit Fig. 15. Letztere stellt einen Schnitt aus der entsprechenden Stelle eines gesunden Kornes dar. Die aus der Frucht- und Samenhaut gemeinschaftlich gebildete Schale des Korns (Fig. 14 u. 15 fs) hat bei dem kranken Korn mehr als die dreifache Dicke der gesunden Schale. Bei g sehen wir in der krankhaft entwickelten Fruchthaut ein ausgebildetes Gefäßbündel mit ziemlich deutlich kenntlicher Gefäßbündelscheide gs. Bei dem kranken Korne geht die wuchernde Fruchthaut direct in den Mehlkörper e über, während bei dem gesunden die eiweißreiche Kleberschicht (Fig. 15 k) zwischen beiden Gewebeformen liegt.

Dies ist im Wesentlichen der Befund gewesen, der sich bei Untersuchung der eingesendeten Körner ergeben hat. Die Körner erscheinen somit total verbildet, und da die Verbildung sowohl in der Lage des Keimlings, als auch in

der Ausbildung des Mehlkörpers und namentlich in einer Wucherung der Fruchtschale sich geltend macht, so liegt darin der Beweis, daß diese Deformation zur Zeit der Ausbildung des Kornes auf dem Halme stattgefunden haben muß.

Es ist eine Wucherung eingetreten zur Zeit, als die Fruchtschale noch jung, ihre Zellen noch theilungsfähig waren. Diese Wucherung ist als Folge eines localen Reizes anzusehen und die Ursache dieses Reizes dürfte in dem Pilzgewebe zu finden sein, das an den oben angegebenen Stellen in früher Zeit eingewandert ist.

So ist auch bei den hier vorliegenden Körnern die Gewebewucherung erklärlich, welche das Parenchym der Frucht- und Samenschale ergriffen und sich bei der Mehrzahl der Weizenkörner bis zur Bildung einer Kappe gesteigert hat, die ursprünglich mit dem in Mitleidenschaft gezogenen Parenchym des Mehlkörpers verbunden war. Nun sehen wir, daß da, wo wuchernde Parenchymvermehrung eintritt, auch Gefäßbündel sich ausbilden, welche diese Parenchymmassen ernähren helfen. Bei der normalen Gerstenpflanze habe ich durch directe Zählung nachgewiesen, daß, wenn die Blätter üppiger, zellenreicher werden, die Zahl der Rippen zunimmt, und zwar so regelmäßig, daß man für jedes Gefäßbündel immer annähernd dieselbe Anzahl von Parenchymzellen findet, welche dasselbe zu ernähren hat.

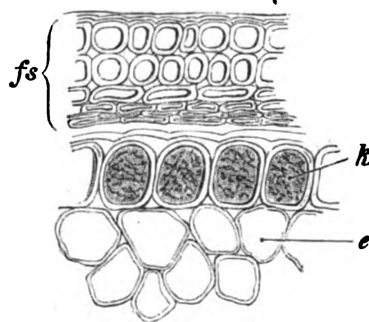


Fig. 15.

Nun zeigt sich, daß auch der Mehlkörper der verbildeten Weizenkörner von Gefäßbündeln vielfach durchzogen ist, welche in die Kappe hinein münden. Aus diesem Umstande erklärt sich auch der weitere Befund der im Frühjahr aus dem Boden genommenen Körner.

Als die Körner im Herbst zur Saat verwendet wurden, hatten sie an der Kappe noch keine Wurzeln; sie unterschieden sich für das bloße Auge wahrscheinlich nur durch ihre beträchtlichere Größe vom normalen Saatgut und dieser Umstand ist bei der Menge guter Weizenkörner nicht beachtet worden.

Nachdem die Körner aber monatelang im feuchten Erdreich gelegen und unter Bedingungen gelegen, welche das normale Saatgut zur kräftigen Entwicklung brachten, hat sich auch bei ihnen eine erneute Lebensthätigkeit geltend gemacht. Dieselbe äußerte sich aber in anderer Form. Während bei dem gesunden Korn der unmittelbar unter der Fruchtschale liegende Keimling die eindringende Feuchtigkeit aus erster Hand empfängt und sich zu strecken beginnt, wobei er gleichzeitig neue Nahrung aus dem Samenlappen und dem Mehlkörper enthält, hat der ohne Samenlappen, im Innern des Kornes liegende

Embryo der kranken Körner keine so günstigen Entwicklungsbedingungen und namentlich durch seine Isolirung vom Mehlkörper keine genügende Nahrungszufuhr. Die Folge ist sein Zurückbleiben im Innern des Samens. Wohl aber kann sich an der Spitze des Kornes innerhalb der Kappe eine neue, vegetative Thätigkeit entfalten. So gut, wie wir bei anderen Gräsern, wie z. B. bei dem Bambusrohr (Bambusa), unter günstigen Umständen an Stecklingen neue Wurzeln aus dem Knoten des Stengels hervortreten sehen, ebenso gut können aus der Spitze des hypertrophirten Kornes, wo die Gefäßbündel ähnliche Verzweigungen wie im Stengelknoten machen, neue Wurzeln sich bilden. Daß wir es hier mit einem Fruchtknoten zu thun haben, ändert den Sachverhalt wenig. Auch bei dicotylen Pflanzen sind Beispiele bekannt, daß Fruchtknoten Wurzeln treiben können.

Die abnormen Wurzeln an der Spitze des Weizenkornes werden auch ernährt werden können; denn es sind zahlreiche Gefäßbündel da, welche sie mit dem Mehlkörper des Kornes verbinden. Dort wird die Stärke stellenweise gelöst werden, und in Form eines anderen Stoffes nach der Spitze hin wandern. Die Stellen, in denen die Stärke gelöst ist, sehen dann durchscheinend aus. Allmählich bildet sich zwischen dem dickwandigen Kappengewebe und dem oberen, Stärke haltenden Gewebe des Mehlkörpers Kork aus (Fig. 13 p). Die Saftleitung wird unterbrochen, das Wurzelwachsthum erlischt. So lange das Korn noch in der Erde lag, blieb die Kappe mit dem Mehlkörper verbunden. Bei dem Aufheben und Trocknen der Weizenkörner hob sich die Kappe an der Korkschicht ab und blieb nur durch die äußeren Zellschichten mit dem Korn verbunden.

Es bleibt nun noch die Frage zu erörtern, von welchem Pilze das eingewanderte Mycel stammen könne. Darauf läßt sich eine sichere Antwort nicht geben; nur so viel steht fest, daß das farblose Mycel nicht zu den auf Getreidekörnern häufigen Rußthauarten (Pleospora) gehört. Ebenso wenig halte ich es für ein zu einem Brandpilze gehöriges Mycel; vielmehr spricht die Dicke und der Verlauf der Fäden für eine frühe Entwickelungsstufe des Mutterkornpilzes, in dem Stadium etwa, wo die den Honigthau erzeugende Knospenform (Sphacelia segetum) in das Innere des jungen Fruchtknotens eindringt.

Es ist recht gut möglich, daß zur Zeit, in welcher der Weizen in Blüthe stand, eine Uebertragung und Weiterentwicklung der Knospen des Honigthaupilzes stattgefunden hat, daß aber später eine trockene, der Pilzentwickelung ungünstige Witterung das Wachsthum sehr eingeschränkt und den Kampf, den jeder Parasit mit seiner Nährpflanze führt, zu Gunsten der Letzteren entschieden hat. Es hat sich demnach der vom Pilze noch nicht ergriffene Keimling sowohl, als auch der Mehlkörper ausbilden können; aber da, wo der Pilz saß, an und in der Fruchtwand, fand durch den Reiz ein erhöhter Saftzufluß und eine erhöhte Zellbildung statt, deren Resultat obige Hypertrophie der Fruchtwand war.

Die Wollstreifen im Apfelkernhaus.

In den neueren Beschreibungen der Aepfel findet sich als Merkmal hier und da der Ausdruck: „Kernhauskammern zerrissen." Den beigefügten Abbildungen nach soll damit ein Zustand der pergamentnen Fruchtblätter angedeutet werden, in welchem die Innenwand der Kammern des Kernhauses nicht eine gleichmäßig glatte und feste, sondern eine von weißwollig erscheinenden, schräg von innen nach außen aufsteigenden Streifen durchzogene Fläche darstellt. Die Erscheinung ist häufig und wird für eine normale gehalten, welche Ansicht ich jedoch nicht theilen möchte.

Abgesehen davon, daß unter Umständen bei derselben Sorte nicht alle Früchte solche Wollstreifen zeigen und daß die verschiedenen Jahrgänge die-

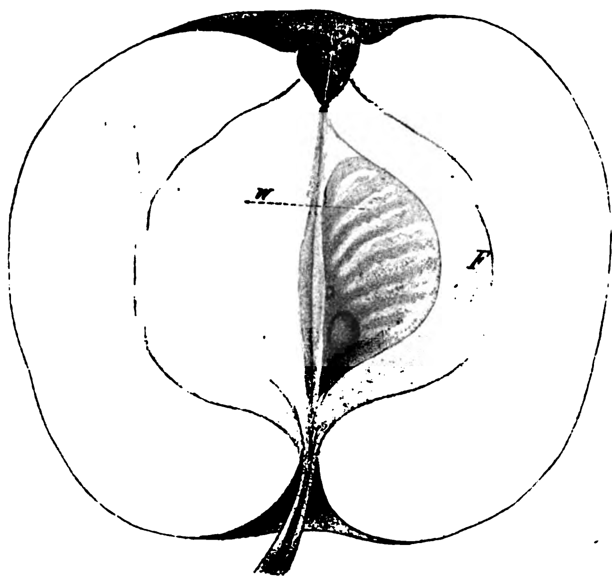


Fig. 16.

selben in verschiedener Häufigkeit entwickeln, ja auch vereinzelt bei Sorten auftreten lassen, welche in der Regel ein glattes Kernhaus zeigen, ist für die abnorme Natur dieser Streifen vorzugsweise der mikroskopische Befund beweisend.

Durchschneidet man nämlich das Fruchtblatt mit solchen Streifen, wie sie in Fig. 16 bei w dargestellt sind, so bietet sich das in Fig. 17 gegebene Bild. In diesem ist die durch K bezeichnete Seite die Innenwand des Kernhauses, wogegen F die an das Fruchtfleisch grenzende Außenseite skizzirt. Bei den Apfelsorten mit glatten Kernhauskammern ist die innere Auskleidung derselben lediglich aus Zellelementen gebildet, wie sie bei p dargestellt sind. Es sind sehr langgestreckte, außerordentlich dickwandige, von vielen, oft verzweigten

Porenkanälen durchzogene, mit Chlorzinkjod gelb werdende Zellen, deren einzelne Schichten einen einander kreuzenden Verlauf zeigen. In Folge dessen weist derselbe Horizontalschnitt neben solchen Zellen, die ihrer ganzen Länge nach kenntlich sind (p), auch Streifen von querdurchschnittenen Elementen auf (q). Es ist ersichtlich, daß durch die dichte Lagerung der Zellen einerseits, durch die sehr starke Wandung derselben andrerseits eine sehr große Festigkeit des Gewebes des Kernhauses erzielt wird, welche noch durch den sich kreuzenden Verlauf der Zellen erhöht wird. Es ist ferner ersichtlich, daß bei den Früchten mit weiter Kelchhöhle, durch welche ein Hineinwachsen von Pilzen in das Kern-

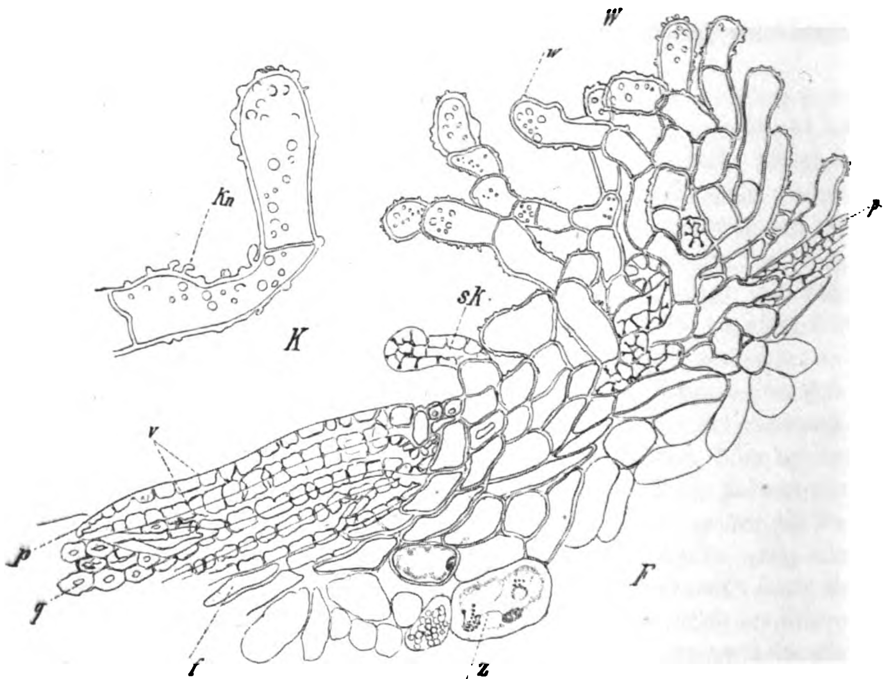


Fig. 17.

haus leicht stattfinden kann, diese Fäulniß erzeugenden Pilze eine Grenze ihrer Ausbreitung an den pergamentartig-festen Wänden des Kernhauses finden.

Dieser Schutz des Fleisches gegen eine von innen heraus drohende Fäulniß wird nun durch die Wollstreifen (Fig. 17 W) zerstört, denn dieselben bestehen aus einem ganz lockeren Gewebe, das in wuchernder Ueppigkeit die feste Wandung unterbricht.

Wir sehen, daß diese Wollstreifen aus dichten Büscheln fadenartig verlängerter Zellreihen gebildet sind, die durch ihre dünnere Wandung auffallend von der Umgebung abstechen und ganz allmählich in das Gewebe des Frucht-

fleisches (F) übergehen, während dasselbe sich unterhalb der pergamentartig verbliebenen Kernhausstellen ziemlich scharf und plötzlich von den dickwandigen Zellen p abhebt. Nur an der Basis dieser Fadenbüschel erinnern kurze, sklerenchymatische, vereinzelt oder nesterweise beieinander liegende Zellen sk an die in der normalen Wand zu findenden Elemente p. Obgleich nun diese dünnwandigen Zellreihen sich ihrer Gestalt nach und durch ihre blaue Färbung mit Chlorzinkjod mehr dem Gewebe des Fruchtfleisches nähern, stimmen sie doch nicht ganz mit demselben überein. Der Unterschied besteht nämlich in einer warzenartigen Verdickung der Zellwand w, die an den äußeren Zellen des Fadenbüschels am stärksten entwickelt ist, bei den inneren Zellen oft nur schwach angedeutet, bei den sklerenchymatischen Elementen meist gar nicht vorhanden ist. Diese nach außen vorspringenden, knopfförmig erscheinenden Zellwandverdickung zeigen bei Chlorzinkjod-Einwirkung entweder eine mattblaue Färbung, oder bleiben ungefärbt, oder erscheinen auch gelb. Letzterer Fall findet sich am deutlichsten bei den sehr dickwandigen Zellen sk, bei denen sich die ganze Membran ebenfalls gelb färbt. Fig. 17 links ist ein stärker vergrößertes Stück einer Zellreihe des Fadenbüschels; man erkennt hier, daß die warzenartigen Vorsprünge der Membran, die ich übrigens für Quellungserscheinungen einzelner Punkte einer feinen Zwischenlamelle halten möchte, manchmal gestielte Knöpfchen kn darstellen.[1])

Aus diesem Befunde ist nun folgende Schlußfolgerung zu ziehen: Wenn die Zellen der Wollstreifen in einem so hohen Maße schlauchförmig sich verlängern, so ist die Veranlassung dazu eine sehr hochgradige Turgescenz dieser Zellen zu einer Zeit, in welcher ihre Membran noch dehnbar ist. Die Ursache der Turgescenz ist in einer ungewöhnlich starken Wasserzufuhr zu suchen. Da die Wollstreifen bei Daueräpfeln lange vor der vollkommenen Reife gefunden worden sind und die Membran der büschelförmigen Zellen immerhin eine nicht unbedeutende Dicke besitzt, so wird man die Entstehung der Wollstreifen in eine ziemlich frühe Zeit der Entwicklung der Frucht zurückverlegen müssen. Es ist somit anzunehmen, daß in der Periode des hauptsächlichsten Schwellens der Frucht die Spannung der Gewebe in dem Fruchtblatte durch plötzliche, starke Wasserzufuhr eine so große geworden, daß der Verband in der pergamentartigen Gewebelage sich streifenweis lockerte und löste und die nun von dem Druck befreieten, nicht dickwandigen Elemente sich schlauchförmig in die Höhle des Kernhauses hinein verlängern.

Es ist somit die Wollstreifigkeit als eine abnorme, auf unzeitgemäßen Wasserüberschuß zurückzuführende Erscheinung zu betrachten, welche bei einzelnen

[1]) Auf eine neuere Arbeit, die zwar nicht den vorliegenden Fall aber verwandte Erscheinungen eingehend behandelt, sei hier, während des Druckes, wenigstens aufmerksam gemacht: H. Schenck: Untersuchungen über die Bildung von centrifugalen Wandverdickungen ꝛc. Inauguraldissertation, Bonn 1884.

Sorten besonders leicht sich einstellt. Diese Sorten werden in trocknen Jahren zu keiner besondern Besorgniß Veranlassung geben, aber in feuchten Jahrgängen sich zum schnelleren Verbrauch empfehlen, da bei ihnen die Schimmelbildung, welche nicht selten an dem Samen anzutreffen ist, leicht zur Fäulnißursache für die ganze Frucht sich steigern kann.

Die Ringelkrankheit der Hyacinthenzwiebeln.

Die für die Züchter von Hyacinthenzwiebeln bekanntlich sehr gefährliche Krankheit äußert sich durch Bräunung und Auflösung einer Schuppe mitten zwischen gesunden Zwiebelschuppen; die Zersetzung des Gewebes steigt vom Zwiebelhals aus abwärts in den Zwiebelboden. Ist sie dort angelangt, gilt die Zwiebel als verloren. Die Krankheit geht auch auf die Brutzwiebeln oft über. Alle kranken Theile bekleiden sich mit Penicillium. Pilzeinwanderungsheerde bei der Krankheit zeigen sich in dem gesunden, weißen, fleischigen Gewebe der Zwiebelschuppe in Form zerstreut stehender, kreisrunder oder ovaler ledergelber, aufgetriebener Stellen mit eingesunkener Mitte. Ungefähr soweit, wie auf der Oberfläche die Auftreibung geht, erstreckt sich im Innern der Schuppe eine nach der Unterseite hin convex ausbiegende Zone von Zellen, in denen Korkzellenbildung stattgefunden hat. Das von dieser Korkzone uhrglasförmig eingeschlossene, oft schon gänzlich gelbwandige Parenchym enthält hier und da in seinen inneren Zellen noch Stärke; dieselbe zeigt sich manchmal ganz auffallend verschieden durch Jod gefärbt, indem eine größere Anzahl Körner zwischen den dunkelblau gefärbten röthlichblau oder blaßblau erscheint. In dem erkrankten Innengewebe sowohl als in der Epidermis erkennt man farblose Mycelfäden; hier und da treten bei sehr starker Erkrankung Conidienträger des Penicillium nach außen. Bei dem Zusammentrocknen der Schuppe treten die mißfarbigen Stellen schärfer über die Oberfläche als harte Blattern hervor. Sucht man auf den unmittelbar unter den kranken liegenden, noch gänzlich weißen, anscheinend ganz gesunden Schuppen mit der Lupe nach, so findet man in der Mehrzahl der Fälle die sonst durchgängig glänzende Oberhaut an einzelnen Stellen matt und glanzlos. Die Epidermis ist hier matt gelbwandig; die darunterliegenden Parenchymzellen sind bereits stärkearm; dann und wann zeigen sich bei feucht liegenden Zwiebeln Spuren von Zucker und vereinzelte Mycelfäden. Bei einigen Schnitten erkannte man feine weiße Mycelfäden unmittelbar unter der Cuticula hinlaufend; an einer etwas stärker verfärbten Stelle fand sich äußerst feines Mycel knäuelartig geballt. Dasselbe hatte die Cuticula aufgetrieben, an der höchsten Stelle der Auftreibung gesprengt und Anfänge von Conidienträgern des Penicillium entwickelt. Fortgesetzte Beobachtung ergab, daß jene glanzlosen Stellen sich allmählich zu den oben erwähnten harten Blattern ausbildeten. Anstatt daß die Schuppe abtrocknet, kann sie auch weich werden. Das Stärkemehl wird spärlicher und schwindet bei einzelnen

Exemplaren; Mycel und Zucker werden reichlicher. Wenn eine solche Schuppe zusammentrocknete, wurde sie papierartig dünn und zähe. Die eben beschriebene Veränderung muß man dem reichlich auftretenden Mycel zuschreiben; denn nur so weit als dieses geht, tritt eine derartig reiche Zuckerbildung auf, daß bei Anwendung der Trommer'schen Probe die kranke Parthie orangegelb für das bloße Auge erscheint.

Während der erste Fall des Vertrocknens zu einer kreideartig harten Masse dann eintritt, wenn die Schuppe nur an den matten Stellen Mycel zeigt und sonst ganz gesund ist, leitet sich die zweite Art des Vorkommens, die mit einer vorhergehenden Erweichung der Schuppe, einer Lösung von Stärke und starker Zuckerbildung verbunden ist, dann ein, wenn größere Mycelmassen von oben oder unten her bereits in die Schuppe eingedrungen sind. Ich habe die Krankheit mehrere Jahre unter den Händen gehabt und Material aus verschiedenen Gegenden untersucht; bei allen habe ich das Penicillium mit den von ihm eingeleiteten Veränderungen angetroffen, so daß mir kein anderer Schluß bleibt, als daß das Penicillium die nächste Ursache der Krankheit ist und hier parasitisch wirkt. Vergleichende Analysen zeigen, daß die kranken Zwiebeln reicher an Trockensubstanz sind, was bei ihrem schnelleren Abtrocknen einzelner Schuppen nicht auffallen kann; gleichzeitig ergiebt sich aber, daß die frische, gesunde Substanz der ringelkranken Zwiebeln mehr Zucker besitzt, als die der gesunden Exemplare von derselben Sorte; Erstere gleichen darin den jüngeren Schuppen gegenüber den Aelteren. Da nun die Abnahme des Zuckers und die Zunahme an Trockensubstanz während der Reife der Zwiebeln Hand in Hand gehen, so wird man aus obigem Befunde eines größeren Zuckerreichthums bei den mit erkrankten Schuppen versehenen Exemplaren schließen müssen, daß diese noch nicht so ausgereift sind.

Der Pilz läßt sich an der Ablösungsstelle des grünen Blatttheils von der Schuppe fast bei allen Zwiebeln nachweisen; trotzdem erzeugt er nur bei derartig zuckerreicheren, also wohl weniger ausgereiften Exemplaren die Ringelkrankheit; mithin muß in diesem Zustande der minderen Reife der Schuppe das begünstigende Moment für die Verbreitung des Penicillium liegen. Bei der Prüfung der jetzt üblichen Kulturmethoden gelangt man zu dem Schlusse, daß die Manier, die Zwiebel vor ihrer völligen Reife aus dem Acker zu nehmen, der begünstigende Factor ist, der die Zwiebel für die krankheitserzeugende Wucherung des Penicillium empfänglich macht. Andere Pilze, die ebenfalls häufig auf Zwiebeln vorkomen, wie z. B. die Pleospora Hyacinthi Sor., welche den Rußthau erzeugt, haben mit der Ringelkrankheit nichts zu thun.

Gestützt werden die obigen Ansichten [1]) durch die Angaben eines erfahrenen,

---

[1]) Sorauer: Untersuchungen über die Ringelkrankheit und den Rußthau der Hyacinthen. Hugo Voigt, Leipzig 1878.

praktischen, berliner Gärtners [1], der wohl die bei den Berliner Blumenzwiebelzüchtern allgemein verbreitete Ansicht vertritt. Demnach ist man im Stande, die noch nicht zu stark erkrankten Zwiebeln zu retten, indem man dieselben so weit abschneidet, bis die gebräunten Ringzonen der erkrankten Schuppen nicht mehr auf der Schnittfläche sichtbar sind. Als die beste Zeit zum Schneiden wird der Monat Juli angegeben; offenbar wird dies die günstigste Zeit sein, in welcher die Schnittwunde durch Korkbildung am schnellsten vernarbt, bevor neue Pilzkeime Zeit gefunden, in die Wundfläche einzudringen.

Die Erfahrung zeigt ferner, daß leichterkrankte Zwiebelsorten nach mehreren Jahren wieder gesund werden können; bei schwererkrankten Sorten ist es selten; doch sind Fälle vollkommener Genesung bekannt geworden, besonders wenn die Zwiebeln auf recht sterilen Boden gebracht werden. Bei sehr üppig gewachsenen Sorten zeigt sich die Krankheit am heftigsten. Frühes Pflanzen der Zwiebeln (Ende August oder Anfang September) hat sich als vortheilhaft erwiesen.

Diese von der Praxis empirisch gefundenen Thatsachen weisen auf dieselben Krankheitsursachen hin, wie die wissenschaftlich gefundenen. Das frühe Pflanzen im Herbst ermöglicht noch vor Winter eine möglichst weite Entwicklung der Zwiebel, die somit im nächsten Frühjahr ihren Wachsthumscyclus schneller durchlaufen haben wird, als ein erst vielleicht im November wieder in die Erde gebrachtes Exemplar. Das bewährt gefundene Heilmittel, die erkrankten Zwiebeln in sandigen, verhältnißmäßig sterilen Boden zu verpflanzen, läuft ebenfalls darauf hinaus, die Vegetationsdauer der Zwiebel normal abzukürzen und sie in solchen hochgradig durchwärmten Böden während des Sommers zur vollkommensten Reife, in den Zustand der relativ größten Wasserarmuth zu bringen. Freilich werden die Zwiebeln klein, während die in reich gedüngtem Boden sehr groß, fleischig und turgescent bis zum Platzen der Schuppen werden. Aber grade die üppigen Sorten sind wasserreicher, zuckerreicher und langlebiger. Diese Langlebigkeit würde ihnen nichts schaden, wenn die Zwiebeln so lange im Boden gelassen werden könnten, bis sie gänzlich abgestorben sind. Das ist aber kaum irgendwo der Fall. Dort, wo die Zwiebeln als Ziergewächse zur Bepflanzung von Gruppen Verwendung finden, müssen sie bald nach der Blüthe anderen Pflanzen den Platz räumen, sie werden mit noch grünen Blättern herausgehoben und an anderer Stelle eingeschlagen. Das Herausgraben geht nie ohne Abbrechen von Blüthenstielen, Blättern und Wurzeln ab, bringt also eine Stockung der Funktionen der Pflanze hervor. Die Wundflächen der saftigen Organe sind treffliche Ansiedlungspunkte für das Penicillium und die noch zuckerreichen Schuppen ein günstiger Verbreitungsheerd für das Mycel. Dort, wo die Zwiebeln felderweise als Handelskulturen gezogen werden, bleiben sie durchschnittlich auch nur so lange im Boden, bis die

[1] Lackner: Die Hyacinthe, ihre Kultur, Treiberei und ihre Krankheiten. Der „Deutsche Garten" 1878, S. 53.

Mehrzahl abgewelktes Laub zeigt. Man kann bei Massenkulturen weder auf einzelne spätere Sorten und noch weniger auf einzelne, länger vegetirende, üppige Exemplare Rücksicht nehmen und erntet immer neben vollkommnen ausgereiften Zwiebeln eine Anzahl minder reifer Exemplare, die dem stets und überall vorhandenen Schimmel günstige Angriffspunkte liefern.

Einige Jahre nach Veröffentlichung meiner Beobachtungen über die Ringelkrankheit publizirte Prillieux[1]) die Ergebnisse seiner, vorzugsweise an der römischen, weißen Hyacinthe ausgeführten Untersuchungen, die denselben zu dem Schlusse führten, daß die der Ringelkrankheit[2]) eigenthümlichen Symptome durch die Einwanderung eines Aelchens (Anguillula [Tylenchus] Hyacinthi Pr. ad int.) erzeugt werden. Die Thiere sind schon in den grünen Blättern zu finden und hier, sowie in den Schuppen die Veranlassung zur Erkrankung.

Das Material, das Herr Prillieux auf meine Bitte freundlichst sandte, zeigte mir, daß man zwei einander sehr ähnliche Krankheiten von einander zu unterscheiden habe. Die Verschiedenartigkeit tritt bei Beobachtung der jüngsten Krankheitszustände am deutlichsten hervor. Bei der von Prillieux entdeckten Wurmkrankheit sieht man in solchen Schuppen, in denen die Anguillen sehr frühzeitig eingewandert sind, nicht selten eine senkrecht zur Längsachse der Schuppe erfolgte Streckung parenchymatischer Zelllagen. Diese Zellstreckung ist als ein erstes Zeichen von Gallenbau zu betrachten, wie dies bei Einwanderung parasitischer Thierchen in wachsende Pflanzentheile sehr häufig auftritt. Es zeigt sich ferner bei der Wurmkrankheit, daß die Heerde, in denen die Würmchen liegen, durch braunwandiges, anscheinend verkorktes Gewebe inselartig eingeschlossen erscheinen und daß ein Pilzmycel zunächst nicht erkennbar ist. Bei der wahren Ringelkrankheit ist eine solche gallenartige Streckung im Schuppengewebe nicht zu finden; die Bräunung der Schuppe ist meist eine weit gleichmäßigere, den ganzen Querdurchmesser umfassende und immer von Mycel begleitete. Das Mycel ist häufig (und zwar namentlich an der Grenze zwischen gesundem und krankem Gewebe) noch nicht innerhalb der Schuppe nachweisbar, wohl aber zeigt eine stärkere Vergrößerung, daß sich sehr zarte Mycelfäden unmittelbar unter der Cuticula der Oberhautzellen befinden. Die sonst glänzende Oberfläche der Schuppe wird dadurch stumpf und matt an diesen Stellen; später beginnt eine Bräunung der Wandung. Mit dem Eintreten des Mycels in das Innere der Schuppe wird die Stärke gelöst. Um einzelne Infektionsheerde bildet sich eine uhrglasförmige Korkzone, welche die Krankheit zum Stillstand bringt. In andern Fällen schreitet die Krankheit fort, bis (wahrscheinlich am Ende der Vegetationszeit) sich auch in der stark erkrankten Schuppe eine Sistirung der Krankheit kenntlich macht. Dieselbe deutet sich dadurch an, daß an der Grenze

[1]) Journal de la Soc. nat. et centrale d'Horticulture de France. April 1881.

[2]) Sorauer: Zur Klärung der Frage über die Ringelkrankheit der Hyacinthen. Wiener illustrirte Gartenzeitung 1882, Aprilheft S. 177.

Bei Bäumen (Birnen) fanden sich die gesammten Triebe und ebenso deren einzelne Internodien in trockner Luft kürzer, die Blattstiele ebenfalls kürzer, die Blattflächen schmäler als in feuchter Luft.[1]) Bei Getreideaussaat erwies sich in feuchter Luft die Bestockung etwas geringer; die Blattzahl war darin etwas vermindert, aber die Größe der einzelnen Blätter vermehrt, und zwar in der Längenausdehnung, während sie in der Breite etwas abgenommen hatte. Dieselbe Dimensionsänderung zeigen auch die einzelnen Zellen des Blattes. Der Einfluß der feuchten Luft bedingt ganz besonders eine Streckung der Blattscheiden und auch der einzelnen Halmglieder, sowie selbst der Wurzeln, obgleich die sämmtlichen (auch die der trocknen Luft ausgesetzten) Pflanzen in Nährstofflösung standen.

Daß auch die Substanz neben der Form der Pflanzen bei verschiedener Luftfeuchtigkeit sich ändern wird, ist von vornherein zu vermuthen. In der That ergaben meine Versuche, daß in feuchter Luft eine geringere Menge von Frischsubstanz produzirt worden ist und daß von dieser Frischsubstanz bei den Pflanzen in feuchter Luft ein größerer Prozentsatz auf die Wurzel entfällt. Dabei sind die oberirdischen Theile auch wasserreicher. Betreffs der Funktionen ließ sich feststellen, daß die Verdunstung in feuchter Luft eine absolut geringere ist; sie ist aber auch pro Gramm produzirter Frisch- und Trockensubstanz eine geringere, d. h. die Pflanze braucht zum Aufbau von 1 g Substanz in feuchter Luft weniger Wasser, und dies dürfte daher kommen, daß sie unter diesen Umständen ihre Substanz mit weniger Mineralstoffen aufbaut.

Ein weiterer Versuch mit Erbsen[2]) beweist, daß wirklich die neuproduzirte Substanz prozentisch ärmer an Asche ist und daß die durch stärkere Verdunstung in trockner Luft vermehrte Wasseraufnahme der Pflanze zur Folge hat, daß dieselbe in der Zeiteinheit nur eine halb so concentrirte Lösung aufnimmt, als die mit geschwächter Verdunstung in feuchter Luft stehende Pflanze.

Aus diesen Resultaten ergiebt sich zur Genüge eine Erklärung, weßwegen Pflanzen in feuchter Luft den Krankheiten häufig leichter erliegen als die in trockner Atmosphäre gewachsenen Pflanzen. Man sieht, daß die Exemplare schmächtiger, wasserreicher und aschеärmer sich aufbauen. Und noch haben wir keinen Einblick in die Verschiedenartigkeit der organischen Bestandtheile des Pflanzenleibes; es ist sehr wahrscheinlich, daß die in feuchter Atmosphäre erwachsenen Pflanzen zuckerreicher, stärkeärmer, sowie reicher an Asparagin und ärmer an wirklichem Eiweiß sind.

Es mag nur noch eine Erfahrung hier angeführt werden, welche die geringe Wachsthumsenergie der Pflanzen in feuchter Luft zeigt. Sandkulturen von Kirschsämlingen wurden im Juni einer anhaltenden Durstperiode unter-

---

[1]) Sorauer: Studien über Verdunstung. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik, Bd. III, Heft 4/5, S. 55 ff.

[2]) A. a. O. S. 79.

worfen. Diese Durstpflanzen verdunsteten unter unverändertem Habitus zunächst allmählich abnehmende Mengen, bis der Sand etwa nur noch 4 % seiner wasserhaltenden Kraft an Feuchtigkeit besaß. Von da ab begannen die Pflanzen zu welken; dabei hörte ihre Verdunstung aber auch fast ganz auf. Bei einer Temperatur von 30 ° C. z. B. bei reichlicher Sonnenbeleuchtung verdunstete ein Pflänzchen, das bisher etwa 8 g Wasser täglich verbraucht hatte, nur noch ein Decigramm. Nach geeigneter Wasserzufuhr steigerte sich auch wieder langsam die Verdunstung. Wenn dagegen der Durstzustand zu lange anhielt, vertrockneten die Blätter, ohne sich anfangs zu verfärben, von den Spitzen herab.

Wurden nun die Pflanzen, nachdem sie begossen, in feuchte Luft gebracht, so erholten sie sich **nicht**, wie man eigentlich glauben sollte, während die unter der trocknen Glocke ihre oberen ausgebildeten Blätter wieder hoben und auch die noch nicht ganz vertrockneten Basaltheile der älteren Blätter wiederum turgescent werden ließen. Die Verdunstung richtete sich auch wieder langsam ein.

Bei Topfkulturen der Gärtner wird diese Beobachtung nützliche Anwendung finden. Man muß übermäßig trockne Töpfe nach dem Begießen an ihrem Standort belassen und nur etwas beschatten, aber nicht den Organismus durch Gewährung einer mit Feuchtigkeit fast gesättigten Luft im Glashause zu gänzlicher Unthätigkeit herabstimmen.

Schädlich wirkt längerer Aufenthalt in feuchter Luft auch auf Samen, welche viel Wasser aus der Luft aufnehmen. Nach den Versuchen von **Wilhelm**[1]) hatten z. B. in 25 Tagen folgende Samen bei Aufenthalt in feuchter Luft nachstehende Gewichtszunahme in Prozenten des anfänglichen Lufttrockengewichtes gezeigt: Weizen 3,7, Roggen 4,8, Gerste 4,8, Hafer 5,0, Hirse 3,7, Raps 5,5, Fisolen 7,6, Wicken 7,3 %. Je größer die Wasseraufnahme, desto schneller tritt die Möglichkeit der Schimmelansiedlung ein.

Cap. II. Schädliche atmosphärische Einflüsse.

1. Wärmemangel.

Weit abhängiger als von der Temperatur der Ackerkrume ist die Pflanze von der Lufttemperatur. Ehe noch der Boden den Schwankungen der Luftwärme folgen kann, hat die Letztere bereits das Pflanzenleben geweckt und bisweilen schon zur bedeutenden Entwicklung gebracht. Man erinnere sich nur an diejenige Art der Weintreiberei, bei der die Weinstöcke außerhalb des Treibhauses eingepflanzt sind und einzelne Zweige mitten im Winter in das Haus geleitet werden, wo sie sich bis zur Blüthe entfalten, während der Boden, der

[1]) **Wilhelm**: Beobachtungen über die Wassermengen, welche Samenkörner aus feuchter Luft aufnehmen. Oesterreich. landw. Wochenbl. 1883, S. 455.

die Wurzeln umgiebt, noch gefroren ist. Freilich ist nicht jeder Pflanzentheil im Stande, mit derselben Schnelligkeit den Temperaturschwankungen zu folgen. Während Blätter und dünne Stengel in kürzester Zeit ihre Temperatur mit der Luft steigern oder vermindern, werden dicke Stämme einer bedeutend längeren Zeit dazu bedürfen, zumal da alle Pflanzengewebe schlechte Wärmeleiter sind. Aus diesem letzteren Umstande erklärt es sich, daß dicke Stämme bald wärmer, bald kälter als die umgebende Luft sind, und zwar sind sie durchschnittlich am Tage stets kälter, in der Nachtzeit wärmer als die Luft. Aber auch die dünnen Pflanzentheile, die in die Luft hinausragen, sind am Tage kälter, während sie in Wasser oder der Erde wohl dieselbe Temperatur als das sie umgebende Medium zeigen. Diese Abkühlung der Blätter rührt von ihrer Ausstrahlung her; solche wird um so größer sein, je mehr Oberfläche der Pflanzentheil im Verhältniß zu seiner Masse besitzt. Behaarte Blätter werden mehr Wärme durch Ausstrahlung verlieren, wie glatte. Als weitere Ursache der Abkühlung ist aber auch die Verdunstung zu betrachten, welche auf Kosten der Wärme des Pflanzentheils vor sich geht, und diese beiden Ursachen erklären denn auch die Erscheinung, daß in hellen Nächten das Thermometer unmittelbar zwischen dicht stehenden Pflanzen mit dünnen Blättern, wie im Rasen einer Wiese, eine um mehrere Grade geringere Temperatur anzeigt, als in der Luftschicht über denselben. Ist die Luftwärme selbst nahe dem Gefrierpunkte des Wassers, so können durch die Strahlung die Pflanzentheile selbst schon unter 0 Grad erkältet sein und in Folge dessen zu Grunde gehen oder wenigstens einzelne ihrer Funktionen zeitweilig einstellen. Es ist ja bekannt, daß jede Pflanze nur innerhalb gewisser Temperaturgrenzen ihren Lebenslauf normal vollenden kann und innerhalb dieser Skala erfordert gewiß jeder bestimmte Lebensakt der Pflanze eine bestimmte Höhe der Temperatur, unter und über welcher er sich überhaupt nicht mehr vollzieht. Nach den Beobachtungen von Sachs (Lehrbuch III. Aufl. S. 636) können die Feuerbohne und der Mais (Phaseolus multiflorus und Zea Mays) nicht ihre Chlorophyllkörner grün färben, wenn die Temperatur nicht wenigstens + 6 ° C. beträgt. Ebenso verhält sich der Raps. Die Pinie (Pinus Pinea) braucht wenigstens 7 ° C. Die Kohlensäurezersetzung zeigt sich bei Potamogeton erst zwischen 10—15 ° C.; dagegen bei Vallisneria schon oberhalb 6 ° C., bei den Blättern der Lärche (Larix) bei 0,5—2,5 ° C. und bei den Wiesengräsern bei 1,5—3,5 ° C. Die Bewegung der Blätter der Sinnpflanze (Mimosa pudica) tritt erst ein, wenn die Temperatur der umgebenden Luft 15 ° C. übersteigt u. s. w. Wir begnügen uns mit den Angaben der unteren Temperaturgrenzen. Die untere Grenze wird als Temperaturminimum, die obere als Temperaturmaximum zu bezeichnen sein. Innerhalb dieser Grenzen ist ein Punkt anzunehmen, in welchem sich ein Lebensakt am besten vollzieht, das Temperaturoptimum. Es stellt sich also ein jeder Vorgang folgendermaßen in seiner Abhängigkeit von der Wärme dar:

er beginnt erst bei einer gewissen, für jede Pflanzenart, vielleicht sogar für jedes Individuum und jede bestimmte Combination der Wachsthumsfactoren feststehenden Grenze, der Minimaltemperatur, steigert sich in seiner Energie bis zum Optimum und läßt dann wieder allmählich nach bis zur Maximalgrenze.

Die Ansprüche, welche eine jede Pflanze an die Temperatur stellt, sind außerordentlich verschieden. Uloth [1]) fand schon vor Jahren, daß Samen von Weizen und Ahorn (Acer platanoides) in Eis keimten und sich tief in das Eis eingruben, das sie durch die bei der Keimung zunächst entwickelte Wärme aufthauten. Die feinen Nebenwurzeln des Weizens hatten Eisstücke von $^1/_8$ m Dicke durchbohrt. Spätere Versuche [2]) zeigten demselben Beobachter, daß auch mehrere Cruciferen (Lepidium ruderale und sativum, Sinapis alba und Brassica Napus) Hafer, Gerste, Roggen sowie andere Gräser, in großen Prozentsätzen gekeimt hatten. Bei Gerste und Hafer waren die Keimprozente aber merklich geringer als bei Weizen und Roggen. Von Schmetterlingsblüthlern hatten im Eiskeller Erbsen zu 80 %, Linsen zu 12 % gekeimt. Von Petersilie zeigten 60 % der ausgesäeten Körner eine Keimung. Angeregt durch diese Beobachtungen, unternahm später Haberlandt [3]) weitere Versuche mit Aussaat der gebräuchlichsten, landwirthschaftlichen Sämereien in Kästen, welche durch Eis constant bei einer Temperatur von 0° bis 1° C. gehalten wurde. Nach 1 $^1/_2$ Monaten zeigten Roggen, Hanf, Leindotter, Rothklee, Luzerne, Wicke, Erbsen und Bastardklee einen Anfang der Keimung; eine weitere Entwicklung der Würzelchen aber ließ sich nach 4 Monaten nur bei Senf, Leindotter, Bastardklee, Rothklee und Luzerne constatiren, während Weizen, Gerste, Hafer, Raygras, Buchweizen, Runkelrübe, Raps, Mohn, Weißklee, Bohne u. A. gar nicht zum Keimen gelangt waren. Am günstigsten von allen Pflanzen hatte sich auffallender Weise die Luzerne gezeigt.

Diese Resultate stehen betreffs der Getreidearten in sehr auffallendem Widerspruch mit den Uloth'schen Ergebnissen und ebenso mit den Resultaten von Versuchen, welche ein sehr gewissenhafter Forscher, Hellriegel [4]), veröffentlicht hat. Hier zeigte der Winterroggen sich entschieden als die anspruchsloseste der geprüften Pflanzen betreffs des Wärmebedürfnisses. Er entwickelte bei einer fast constanten Temperatur von 0° (nur wenige kurze Ueberschreitungen bis + 1° C. kamen innerhalb der sechswöchentlichen Versuchsdauer vor) Blatt- und Wurzelapparat ganz normal. Schon etwas wärmebedürftiger erwies sich durch die geringere Größe der Keimpflanzen der Winterweizen und,

---

[1]) Fühling's Neue landwirthsch. Z. 1871, S. 875.

[2]) Flora 1875, S. 266.

[3]) Wissenschaftl. praktische Untersuchungen auf d. Gebiete d. Pflanzenbaues. Wien 1875, I., S. 109 ff., 117.

[4]) Beiträge zu den naturwissenschaftl. Grundlagen des Ackerbaues. Braunschweig, Vieweg 1883, S. 284—304.

übereinstimmend mit Uloth, in noch höherem Maaße die Gerste und der Hafer, welche bei 0° nur das Würzelchen zu einiger Entwicklung brachten, den Blattkegel aber nicht aus dem Korne hervorzutreiben vermochten. Bei + 2° C. dagegen war die Streckung schon eine recht vollkommene. Mais regte sich bei + 5° C. noch nicht und keimte selbst bei + 8,7° C. sehr träge und unvollkommen. Bei 0° waren noch gekeimt und zu nennenswerther Entwicklung des Blattkeims gelangt die Wicke und der Rübsen, während Erbsen in größerer, Lupinen und Bohnen in geringerer Anzahl zwar den Wurzelkörper gestreckt, aber den oberirdischen Achsentheil nicht entwickelt hatten. Von den bei + 2° C. gekeimten Samen zeigte sich der Lein empfindlicher als der Rübsen, der bei nahezu 0° noch keimte, aber in der Entwicklung stehen blieb und erst bei merklich höherer Temperatur (8,7°) erwähnenswerthes Wachsthum zeigte. Den Wicken am nächsten stehend erwiesen sich Erbsen und Klee, welche bei einer Durchschnittswärme von + 2° C. den Wurzel- und Blatttheil hervortrieben, während Bohnen und Lupinen dazu mindestens + 3° C. brauchten. Der Spörgel entwickelte sich bei + 2° auch langsam weiter. Für die Mohrrübe scheinen zur Keimung ungefähr + 3° C. und für die Runkelrübe sogar etwa + 5° C. zu gehören.

Es gehört nicht mehr hierher, darauf einzugehen, daß natürlich die Länge der Keimdauer in dem Grade zunimmt, als die Temperatur von dem Keimungsoptimum entfernt ist; wohl aber dürfte darauf aufmerksam zu machen sein, daß solche Keimungsversuche bei möglichst niederen Temperaturen dazu führen könnten, frostharte Varietäten zu züchten. Bei allen Aussaatversuchen zeigt sich ein ungleichmäßiges Aufgehen. Es wäre möglich, daß diejenigen Samen, welche zuerst bei so niederer Temperatur keimen, Pflanzen ergeben, welche für alle Lebensprozesse ein geringeres Wärmebedürfniß haben, als andere Individuen derselben Art.

Daß nicht blos die ersten Stadien der Keimung bei so niederen Temperaturen normal verlaufen, sondern auch ein weiteres Längenwachsthum ermöglicht ist, zeigen die Versuche von Kirchner[1]), der Senf, Roggen, Weizen, Erbsen und Hanf als Keimpflanzen längere Zeit bei Temperaturen, die wenig über 0° lagen, vegetiren sah. Zwar weisen auch Pflanzen mit einem höheren Wärmebedürfniß bei Ueberführung in niedere Temperatur noch Längenwachsthum auf; aber dasselbe ist nur das allmähliche Auspendeln der unter den früheren, günstigen Verhältnissen erhaltenen Wachsthumsenergie.

Bei Alpenpflanzen ist von Kerner[2]) beobachtet worden, daß solche bei 0° auch blühen können. Das von den Schneefeldern in den Boden einsickernde Schmelzwasser vermag bereits die Lebensthätigkeit solcher Pflanzen derart anzuregen, daß ihre bei der Athmung erzeugte Wärme die oft 2 bis

[1]) 54. Verf. deutscher Naturforscher u. Aerzte zu Salzburg, S. 75 d. Berichtes.

[2]) Berichte d. naturwissenschaftl.-mediz. Vereins zu Innsbruck, Sitzung v. 15. Mai 1873, cit. Bot. Z. 1873, S. 438.

5 cm dicke Eiskruste zu schmelzen im Stande ist, so daß die grünen Organe in's Freie gelangen (Soldanella).

a) Erfrieren.

Bei der Bezeichnung „Erfrieren" ist durchaus nicht immer an eine Temperatur zu denken, bei welcher das Wasser gefriert. Denken wir an die zarteren Anoecochilus-Arten, an Begonia Twaitesii, deren Blätter fleckig werden und faulen, wenn sie einige Zeit + 5° C. vertragen sollen. Andere Pflanzen hören zwar auch auf, zu wachsen, sobald eine für sie zu niedere Temperatur (auch über 0°) eintritt, aber sie besitzen die Fähigkeit, bei eintretender größerer Wärme wieder ungestört weiter zu wachsen und schließlich haben wir in jedem Herbste Gelegenheit, selbst Pflanzen zu sehen, die steif gefroren und spröde wie Glas sind und die trotzdem nach dem Aufthauen noch weiter zu wachsen im Stande sind. Letztere waren also gefroren, d. h. ein Theil ihres Wassers zu Eis erstarrt und die Pflanzen waren nicht erfroren. Das Gefrieren des Wassers in den Pflanzen ist nicht nothwendig der Grund für das Erfrieren derselben, sondern nur eine sehr häufige Begleitserscheinung. Hat eine Pflanze die je nach ihrer spezifischen Natur nothwendige Wärme nicht mehr, um z. B. gewisse Stoffverbindungen herzustellen, so wird zunächst eine Ernährungsstörung an denjenigen Punkten des Gewebes eintreten, wo die Stoffbildung stattfinden soll und diese giebt Veranlassung zu vielen anderen Störungen, die endlich den Tod des Individuums herbeiführen. Auch schon das Aufhören bestimmter Bewegungen, die an eine gewisse Höhe der Temperatur gebunden sind, wird der Grund zum Absterben der Pflanze. Ein Beispiel hierfür bietet der Stillstand des Protoplasma's bei zu geringer Wärme; zieht sich dabei der Primordialschlauch von der Wandung zurück, dann ist die Vermittelung zwischen Zellinnerem und Zellwand aufgehoben und die Zelle geht bei längerer Dauer dieses Zustandes zu Grunde. Ist die Temperatur des Pflanzentheils dabei soweit gesunken, daß Wasser zu Eis erstarrt, dann schießen auf der Außenseite der Zellhaut kleine Eiskrystalle an. Diese aus dem Imbibitionswasser der Zellhaut entstandenen Krystalle werden immer größer, indem sich an ihrer Basis immer mehr Wasser aus den Micellarinterstitien der Zellwand heraus zu Eis verwandelt. Schließlich sind die sämmtlichen feinen Eisprismen zu einer Eiskruste vereinigt. Die Zellwand hat den erlittenen Wasserverlust zu decken gesucht, indem sie aus dem Zellinhalte neue Wassermengen aufnahm.

So wird der Protoplasmakörper der Zelle wasserärmer und durch die Kälte zusammengezogen, und diese beiden Zustände können endlich eine solche Intensität erreichen, daß die einzelnen Micellen der Zellwand und des Protoplasma's dauernd in ihrer Gleichgewichtslage gestört, sich auf eine Weise umlagern, die keine Lebensthätigkeit mehr gestattet. Die durch Frost getödtete Zelle zeigt dann, daß ihre Wandung keinen Widerstand gegen den Druck des

zur Erklärung der vielen Widersprüche dienen kann, welche sich bei Beobachtungen über die tödtliche Wirkung geringer Frostgrade an solchen Pflanzen ergeben, die stärkerer Kälte gewöhnlich trotzen. Es kommt nämlich auch darauf an, in welchen Verhältnissen sich die Pflanzen vor Eintritt des Frostes befunden haben, wie ein Versuch mit dem gewöhnlichen Kreuzkraut (Senecio vulgaris und dem Straßenrispengras (Poa annua) zeigt. Töpfe mit diesen Pflanzen. welche bereits eine Kälte von 9⁰ überstanden hatten, wurden für 15 Tage in ein Gewächshaus von 12—18⁰ Wärme gebracht. Nach dieser Zeit erfroren sie schon bei einer Kälte von 7⁰, während andere Exemplare derselben Arten, welche während dieser Zeit im Freien gewesen, sich bei schnellem Aufthauen vollkommen unversehrt erwiesen. Die getödteten Pflanzen waren durch den Aufenthalt im Warmhause verzärtelt worden. Zu demselben Schluß kommt auch Körnicke [1]) bei der Beobachtung, daß französische Getreidevarietäten durchschnittlich weit mehr dem Froste erlegen sind, als Sorten, die aus den Provinzen Preußen und Schlesien stammten. Die längere Kultur in einem Lande mit mildem Winter hat die Varietäten weniger widerstandsfähig gemacht.

Außer diesen Verhältnissen sind noch manche andere Punkte in Betracht zu ziehen. So zeigen viele Pflanzen ein durchaus verschiedenes Verhalten, je nach der Zeit der Frosteinwirkung. Pflanzen wärmerer Klimate ertragen manchmal eine kurze Zeit anhaltende Temperatur von — 2 bis 3⁰ und sterben dagegen plötzlich, wenn nur 1⁰ Kälte 24—48 Stunden anhält.

Der schädliche Einfluß einer niedrigen Temperatur kann ferner durch starke Winde hervorgerufen oder wenigstens erhöht werden. Dies beruht wahrscheinlich auf der größeren Verdunstung des gefrorenen Wassers bei stark bewegter Luft. Es ist bekannt, daß Eis verdunstet, und Göppert wies dies durch direkte Wägungen auch an den gefrorenen Pflanzentheilen nach. Die dazu nöthige Wärme wird der Pflanze entzogen, deren Abkühlung also erhöht und dadurch bisweilen der Tod hervorgebracht wird, während geschützt stehende Exemplare lebendig bleiben. Die Wirkung des Windes zeigt sich in dem strichweisen Erfrieren mancher Saaten. Manchmal geht ein Froststrich über die verschiedensten Bodenverhältnisse weg und auf demselben Ackerstück bleibt ein Stück, das fast scharf abgeschnitten ist, gesund. Auf entgegengesetzte Weise wirkt der Sturm, wie später erwähnt wird, wenn er längere Zeit vor Eintritt eines Frostes begonnen hat.

Am wenigsten leiden durchschnittlich diejenigen Pflanzen und Pflanzentheile, deren Wachsthum in eine Ruheperiode eingetreten ist, und es ist bekannt, daß trockne Samen bedeutende Kältegrade schadlos überdauern, während sie im angekeimten Zustande bei viel geringerem Frost zu Grunde gehen.

---

[1]) Annalen d. Landw., cit. in Neue landw. Zeitung v. Fühling 1871, Heft 8, S. 586 ff.

Alle diese Wahrnehmungen beziehen sich nur auf die Erklärung der Thatsache, daß ein und dieselbe Spezies hier eine Temperaturerniedrigung der Luft ohne Gefahr erträgt, die am andern Orte das Leben der Pflanze vernichtet. Bei Vergleichung der Widerstandsfähigkeit verschiedener Pflanzenarten mit einander ist in erster Linie der Artcharakter maßgebend; denn jede Pflanze macht ihre speziellen Ansprüche an die Temperatur; bei jeder vollziehen sich die einzelnen Lebensakte mit größter Energie bei einer andern Temperatur, und nur aus diesem Umstande lassen sich die eigenthümlichen, oft entgegengesetzten Erscheinungen erklären, die ein bestimmter Frostgrad bewirkt. Um nur ein Beispiel dieser Art anzuführen, sei die Beobachtung von Göppert[1]) erwähnt, daß bei manchen Pflanzen die jüngeren, bei andern die älteren Blätter dem Frost zuerst erliegen. Bei einer Sophora gingen die älteren Blätter bei — 1,5 °, die jüngeren erst durch — 3 ° zu Grunde; bei Ricinus communis dagegen erfroren die jüngeren Triebe bei 0,5 °, die älteren erst bei — 1 ° R.

Daß nicht blos die einzelnen Arten einer Gattung, sondern auch die Varietäten derselben Art in verschiedenem Grade unter gleichen äußeren Verhältnissen sich frostempfindlich zeigen, läßt sich an den jetzt überall leicht anzutreffenden Beeten mit Coleus-Varietäten beobachten. In den Teppichbeeten, welche viele Varietäten auf engem Raume vereinigt haben, wird man bei Eintritt der ersten Herbstfröste einzelne Sorten durch den Frost beschädigt finden, während dazwischen stehende, andere Sorten unversehrt geblieben sind. Neuerdings hat Kunisch[2]) mit einer recht frostempfindlichen Varietät von Coleus Versuche zum Zwecke einer Prüfung der Ansicht angestellt, ob der Tod von Pflanzen, die schon bei Temperaturen über 0 ° durch Wärmemangel leiden, wirklich direkt durch die niedrige Temperatur bedingt oder, wie Sachs[3]) vermuthet, vielleicht durch Vertrocknen hervorgerufen wird. Es ist sehr gut denkbar, daß bei Temperaturen, welche der Minimalgrenze für eine Pflanze sich nähern, ohne dieselbe erreicht zu haben, die Wurzelfunktion aufhört, während die Blattverdunstung noch einige Zeit hindurch anhält, so daß allmählich der oberirdische Theil derart wasserarm wird, daß er vor Trockenheit abstirbt.

---

[1]) A. a. O., S. 20. — Experimenteller Erklärung bedarf noch das von Göppert S. 19 der bisherigen Annahme entgegen aufgestellte Gesetz: „daß nämlich an ein und derselben Pflanze die jüngeren Blätter und Triebe länger der Einwirkung allmählich auftretender Kälte widerstehen, als die älteren“.

Erklärlich erscheint es, wenn nur die Entblätterung bei Herbstfrösten damit gemeint ist bei einer Temperatur, die die Triebe überhaupt nicht gänzlich tödtet. Es ist indeß auch möglich, daß die concentrirteren Lösungen, die wir als Zellinhalt jüngerer Gewebe annehmen müssen und die einen tieferen Gefrierpunkt haben, als minder concentrirte Salzlösungen, hierbei in's Spiel kommen.

[2]) Ueber die tödtliche Wirkung niederer Temperaturen auf die Pflanzen. Inauguraldissertation v. H. Kunisch, Breslau 1880.

[3]) Landwirthsch. Versuchsstationen 1860, S. 196.

Dann hätte der Durfttod die Pflanze ereilt, aber nicht der eigentliche Frosttod. Dieser Fall ist, wie gesagt, denkbar, aber (soweit ich Versuche über Winterverdunstung gemacht) thatsächlich wohl nur selten vorhanden. Die Pflanze schränkt nämlich sowohl bei Winterkälte, als auch bei großer Sommertrockniß ihre Wasserabgabe durch die Blätter bei nachlassender Zufuhr aus dem Boden sehr merklich ein, kann sehr lange in einem Durstzustande verharren und bei allmählichem Rückgang in die normalen Verhältnisse, selbst nach dem Verschrumpfen der Blätter, auch wieder zur gewohnten Energie zurückkehren.

Die Versuche von Kunisch mit Coleus machen es wahrscheinlich, daß unter solchen Umständen, unter welchen eine Blattverdunstung durch feuchte Luft fast gänzlich ausgeschlossen ist, doch bei niederer Temperatur über 0° der Tod erfolgt. Es wurden junge Pflanzen mit guten Wurzeln und ein abgeschnittener, im Wasser stehender Zweig in ein durch Holzdeckel verschließbares Wasserbassin derart gebracht, daß die Töpfe über der Wasserfläche standen, ohne dieselbe jedoch zu berühren. Die Temperatur schwankte zwischen + 7 und + 2° R. Nach 24 Stunden schon zeigte sich eine merkliche, von den Rändern beginnende Braunfärbung, die am 5. Tage alle Blätter erfaßt hatte, welche, nach oben muldenförmig zusammengerollt, in fast horizontaler Lage verblieben. Ein im Warmhause verbliebener Parallelzweig derselben Pflanze wuchs weiter fort. Hätte Kunisch zum Decken des Bassins einen Glasdeckel verwendet, um seinen Versuchspflanzen Licht zukommen zu lassen, würden wir den Versuch als beweisender betrachten, zumal die Merkmale beim Vertrocknen der Pflanzen anderer Art sind. Wenn die Pflanzen langsam bei feuchtem Boden aber wasserarmer Luft vertrockneten, lösten sich die Blätter von der Stengelbasis nach der Spitze hin ab, ohne sich zu verfärben oder zu erschlaffen; bei trocknem Boden und trockner Luft erschlaffen die Blätter schnell und nehmen die Farbe verdorrten Laubes an.

Wenn nun auch die erwähnten Versuche nicht die Frage nach dem Erfrieren der Pflanzen bei Temperaturen über 0° mit Sicherheit zum Abschluß bringen und auch die vielfachen, gelegentlichen Angaben über diesen Punkt der experimentellen Schärfe entbehren [1]), so lehren doch die Beobachtungen in den Warmhäusern der Gärtner, in welchen bei außergewöhnlicher Kälte und schlechten Heizvorrichtungen ausnahmsweise die Temperatur auf + 3 bis 5° gesunken ist, daß zarte Tropenbewohner plötzlich oder langsam zu Grunde gehen. Als erste Veranlassung ist der Wärmemangel anzusehen, und wenn man daran festhält, daß ein durch Wärmemangel eingeleitetes Sterben ein Erfrieren genannt werden muß, so wird die Ansicht, daß Pflanzen bei Temperaturen über 0° erfrieren können, durch das Experiment wohl eine Bestätigung erfahren.

---

[1]) Hardy nach A. de Candolle in Bibliothèque universelle, Oct. 1853, cit. Bot. Z. 1854, S. 202. — Göppert: Wärmeentwicklung S. 43 ꝛc.

Widersprüche bei der genauen Angabe der Temperatur, bei welcher eine Pflanze erliegt, werden sich stets ergeben; da innerhalb der Art und Varietät die individuelle Beschaffenheit Schwankungen bedingt. Alter und die ganze vorherige Erziehungsweise sind von bedeutendem Einfluß, da sie auf die Concentration des Saftes, die Verdickung der Zellmembranen, die Länge, Turgescenz und Aneinanderfügung der Zellen einwirken und diese Umstände sehr maßgebend für die Widerstandsfähigkeit der Individuen sind. Bei sonst gleichen Verhältnissen fand Haberlandt[1]), daß die im Warmhause bei 20—24° C. erzogenen Sämlinge von Ackerbohne, Futterwicke, Möhre, Gerste, Erbse, Raps, Mohn, Rothklee, Luzerne und Lein schon bei — 6° C., Roggen und Weizen bei — 10 bis 12° C. erfroren, während die gleichzeitig im Kalthause erzogenen erstgenannten Pflanzen erst bei — 9 bis 12° C. zu Grunde gingen, ja Roggen und Weizen erst bei — 20 bis 24° C. erfroren.

In aufbrechenden Blüthenknospen von Aepfelbäumen, die durch einen Frühjahrsfrost gelitten, fand ich nicht die jüngsten, plasmareichsten Zellen beschädigt, sondern die etwas älteren, im Stadium energischer Streckung befindlichen gebräunt, während noch ältere Parenchymzellen wiederum gesund erschienen. Man sieht daraus, daß ganz bestimmte Entwicklungsstadien des Zelllebens eine besondere Frostempfindlichkeit zeigen.

Es ist daher, meiner Meinung nach, auch irrthümlich, bestimmte Thermometergrade als die festen Minimal- und Maximalgrenzen für die Entwicklungsfähigkeit einer Spezies angeben zu wollen. Im Großen und Ganzen ist gewiß jede Pflanze an eine bestimmte Wärmeskala gebunden, aber um einzelne Grade sind die Grenz- und Optimalwerthe verschiebbar, je nach der Combination der übrigen Vegetationsfaktoren, welche augenblicklich vorhanden ist und früher zum Aufbau des Individuums beigetragen hat.

Andrerseits ist daran festzuhalten, daß trotz aller die Frostempfindlichkeit steigernden Vegetationsbedingungen viele Pflanzen (namentlich zahlreiche Flechten sowie Moose und Alpinen) niemals Frostbeschädigungen erkennen lassen. Wir haben diese Erscheinung damit zu erklären, daß das Wärmebedürfniß solcher Pflanzen ein derartig geringes ist, daß die größten Temperaturerniedrigungen nicht im Stande sind, jene molekularen Umänderungen der Gewebe hervorzurufen, welche eine Wiederaufnahme der normalen Lebensfunktionen verhindern.

b) Veränderung der durch Frost getödteten Pflanzentheile.

Blüthen.

Von den Blüthen läßt sich im Allgemeinen angeben, daß durch den Frost selbst der Farbstoff wenig leidet, aber bei dem Aufthauen sich schnell

[1]) Haberlandt: Ueber die Widerstandsfähigkeit verschiedener Saaten. Wissensch. praktisch. Untersuchungen, Bd. I.

Dann hätte der Dursttod die Pflanze ereilt, aber nicht der eigentliche Frosttod. Dieser Fall ist, wie gesagt, denkbar, aber (soweit ich Versuche über Winterverdunstung gemacht) thatsächlich wohl nur selten vorhanden. Die Pflanze schränkt nämlich sowohl bei Winterkälte, als auch bei großer Sommertrockniß ihre Wasserabgabe durch die Blätter bei nachlassender Zufuhr aus dem Boden sehr merklich ein, kann sehr lange in einem Durstzustande verharren und bei allmählichem Rückgang in die normalen Verhältnisse, selbst nach dem Verschrumpfen der Blätter, auch wieder zur gewohnten Energie zurückkehren.

Die Versuche von Kunisch mit Coleus machen es wahrscheinlich, daß unter solchen Umständen, unter welchen eine Blattverdunstung durch feuchte Luft fast gänzlich ausgeschlossen ist, doch bei niederer Temperatur über 0° der Tod erfolgt. Es wurden junge Pflanzen mit guten Wurzeln und ein abgeschnittener, im Wasser stehender Zweig in ein durch Holzdeckel verschließbares Wasserbassin derart gebracht, daß die Töpfe über der Wasserfläche standen, ohne dieselbe jedoch zu berühren. Die Temperatur schwankte zwischen + 7 und + 2° R. Nach 24 Stunden schon zeigte sich eine merkliche, von den Rändern beginnende Braunfärbung, die am 5. Tage alle Blätter erfaßt hatte, welche, nach oben muldenförmig zusammengerollt, in fast horizontaler Lage verblieben. Ein im Warmhause verbliebener Parallelzweig derselben Pflanze wuchs weiter fort. Hätte Kunisch zum Decken des Bassins einen Glasdeckel verwendet, um seinen Versuchspflanzen Licht zukommen zu lassen, würden wir den Versuch als beweisender betrachten, zumal die Merkmale beim Vertrocknen der Pflanzen anderer Art sind. Wenn die Pflanzen langsam bei feuchtem Boden aber wasserarmer Luft vertrockneten, lösten sich die Blätter von der Stengelbasis nach der Spitze hin ab, ohne sich zu verfärben oder zu erschlaffen; bei trocknem Boden und trockner Luft erschlaffen die Blätter schnell und nehmen die Farbe verdorrten Laubes an.

Wenn nun auch die erwähnten Versuche nicht die Frage nach dem Erfrieren der Pflanzen bei Temperaturen über 0° mit Sicherheit zum Abschluß bringen und auch die vielfachen, gelegentlichen Angaben über diesen Punkt der experimentellen Schärfe entbehren [1]), so lehren doch die Beobachtungen in den Warmhäusern der Gärtner, in welchen bei außergewöhnlicher Kälte und schlechten Heizvorrichtungen ausnahmsweise die Temperatur auf + 3 bis 5° gesunken ist, daß zarte Tropenbewohner plötzlich oder langsam zu Grunde gehen. Als erste Veranlassung ist der Wärmemangel anzusehen, und wenn man daran festhält, daß ein durch Wärmemangel eingeleitetes Sterben ein Erfrieren genannt werden muß, so wird die Ansicht, daß Pflanzen bei Temperaturen über 0° erfrieren können, durch das Experiment wohl eine Bestätigung erfahren.

---

[1]) Hardy nach A. de Candolle in Bibliothèque universelle, Oct. 1853, cit. Bot. Z. 1854, S. 202. — Göppert: Wärmeentwicklung S. 43 ꝛc.

Widersprüche bei der genauen Angabe der Temperatur, bei welcher eine Pflanze erliegt, werden sich stets ergeben; da innerhalb der Art und Varietät die individuelle Beschaffenheit Schwankungen bedingt. Alter und die ganze vorherige Erziehungsweise sind von bedeutendem Einfluß, da sie auf die Concentration des Saftes, die Verdickung der Zellmembranen, die Länge, Turgescenz und Aneinanderfügung der Zellen einwirken und diese Umstände sehr maßgebend für die Widerstandsfähigkeit der Individuen sind. Bei sonst gleichen Verhältnissen fand Haberlandt[1]), daß die im Warmhause bei 20—24 ° C. erzogenen Sämlinge von Ackerbohne, Futterwicke, Möhre, Gerste, Erbse, Raps, Mohn, Rothklee, Luzerne und Lein schon bei — 6 ° C., Roggen und Weizen bei — 10 bis 12 ° C. erfroren, während die gleichzeitig im Kalthause erzogenen erstgenannten Pflanzen erst bei — 9 bis 12 ° C. zu Grunde gingen, ja Roggen und Weizen erst bei — 20 bis 24 ° C. erfroren.

In aufbrechenden Blüthenknospen von Aepfelbäumen, die durch einen Frühjahrsfrost gelitten, fand ich nicht die jüngsten, plasmareichsten Zellen beschädigt, sondern die etwas älteren, im Stadium energischer Streckung befindlichen gebräunt, während noch ältere Parenchymzellen wiederum gesund erschienen. Man sieht daraus, daß ganz bestimmte Entwicklungsstadien des Zelllebens eine besondere Frostempfindlichkeit zeigen.

Es ist daher, meiner Meinung nach, auch irrthümlich, bestimmte Thermometergrade als die festen Minimal- und Maximalgrenzen für die Entwicklungsfähigkeit einer Spezies angeben zu wollen. Im Großen und Ganzen ist gewiß jede Pflanze an eine bestimmte Wärmeskala gebunden, aber um einzelne Grade sind die Grenz- und Optimalwerthe verschiebbar, je nach der Combination der übrigen Vegetationsfaktoren, welche augenblicklich vorhanden ist und früher zum Aufbau des Individuums beigetragen hat.

Andrerseits ist daran festzuhalten, daß trotz aller die Frostempfindlichkeit steigernden Vegetationsbedingungen viele Pflanzen (namentlich zahlreiche Flechten sowie Moose und Alpinen) niemals Frostbeschädigungen erkennen lassen. Wir haben diese Erscheinung damit zu erklären, daß das Wärmebedürfniß solcher Pflanzen ein derartig geringes ist, daß die größten Temperaturerniedrigungen nicht im Stande sind, jene molekularen Umänderungen der Gewebe hervorzurufen, welche eine Wiederaufnahme der normalen Lebensfunktionen verhindern.

b) Veränderung der durch Frost getödteten Pflanzentheile.

Blüthen.

Von den Blüthen läßt sich im Allgemeinen angeben, daß durch den Frost selbst der Farbstoff wenig leidet, aber bei dem Aufthauen sich schnell

[1]) Haberlandt: Ueber die Widerstandsfähigkeit verschiedener Saaten. Wissensch. praktisch. Untersuchungen, Bd. I.

eine Braunfärbung geltend macht. Manche Blumen sind frostwiderstandsfähiger, wie die Blätter. Blüthenstiele erscheinen nicht selten am empfindlichsten. Göppert, der viele Beobachtungen über die durch Frost hervorgerufenen Farbenerscheinungen gesammelt [1]), meint, daß der rothe Farbstoff sich bei Blättern und Blüthen am dauerhaftesten zeige, ja bei schwacher Frostwirkung sich steigere.

Eine besondere Beachtung haben die Blüthen von Phajus und Calanthe gefunden, da sie bei dem Gefrieren durch Oxydation des in den sonst farblosen Zellen des Blattfleisches enthaltenen, namentlich um die Gefäßbündel herum reichlichen Indicans zu Indigo [2]) eine blaue Färbung annehmen. Solcher Oxydationsprozeß findet übrigens bei jeder andern Todesart auch statt und erstreckt sich auch auf die Blätter, Stengel und Wurzeln.

Die Beobachtung Göppert's über die Dauerhaftigkeit der rothen Farbe wird insofern von englischen Züchtern bestätigt, als diese Beobachtungen veröffentlichen, [3]) wonach die dunklen Blumen am empfindlichsten gegen Frost sich erwiesen haben. Myosotis dissitiflora wurde durch einen Frost von 4° C. röthlich bis roth. Bei Primula und Polyanthus sind die dunklen Blumen empfindlicher, als die hellfarbigen gewesen.

Daß Blüthenstände armblüthig werden, indem die ältesten Blumen nicht zur Ausbildung gelangen, auch manchmal die Blumenblätter in der Entwicklung zurückbleiben, ist ebenfalls in manchen Fällen als Frostwirkung anzusehen. [4])

Blätter.

Während des Frostes sind Aenderungen an den Chlorophyllkörnern insofern bemerkbar, als sie sich in den saftärmer gewordenen Zellen meist klumpig zusammenballen. Eine chemische Veränderung des Chlorophyllfarbstoffs durch den Frost allein wird, soweit Angaben über gefrorene Chlorophylllösungen vorliegen, von der Mehrzahl der Forscher nicht angenommen. Bei einer Temperatur von — 30°, der eine Chlorophylllösung in Olivenöl ausgesetzt worden, fand Wiesner [5]) keinen Unterschied von einer frischen Lösung; dagegen giebt Kunisch [6]) an, daß der alkoholische Chlorophyllauszug von bei — 7° gefrorenen Hyacinthenblättern sich abweichend von dem der nicht gefrorenen

---

[1]) Ueber Einwirkung des Frostes auf die Gewächse. Sitzungsber. d. schles. Ges. f. vaterl. Kultur 1874, cit. Bot. Z. 1875, S. 609.

[2]) Bot. Zeit. 1871, Nr. 24. — Bulletin de la Soc. bot. de France 1872, S 152. — Kunisch a. a. O., S. 29.

[3]) Gardeners Chronicle 1878, I., 377 u. 409.

[4]) Bot. Z. 1861, S. 263.

[5]) Wiesner: die natürlichen Erscheinungen zum Schutze des Chlorophylls 2c. Festschrift d. k. k. zoolog.-bot. Ges. zu Wien 1876, S. 23.

[6]) A. a. O., S. 26.

Blätter gezeigt hätte. Manchmal sieht man beim Gefrieren der Blätter stumpfweißliche Flecken auftreten, was von Eisdrusen kommen kann, die in den Intercellularräumen anschießen. Hoffmann sah sogar bei Ceratonia, Laurus und Camphora blasiges Abheben der Epidermis und bezeichnet diese Erscheinung als „Frostblasen" [1]). Bei starken Frösten werden die gänzlich durchfrorenen Blätter glasartig spröde und durchscheinend. Bei dem Aufthauen derartiger Blätter hängt die Farbenänderung davon ab, ob das Protoplasma der Zellen getödtet ist oder nicht. Im ersteren Falle ist es für die Säuren in der Zelle durchlässig und diese dringen an die Chlorophyllkörner, deren Zersetzung sie einleiten (Chlorophyllanbildung); das Plasma bräunt sich; der Zellsaft tritt schnell nach außen, das Blatt trocknet zu einer spröden, braunen Masse zusammen. Göppert [2]), der die verschiedenen Färbungen der Laubblätter beschreibt, erwähnt auch noch eines überaus starken Krautgeruches erfrorener Pflanzen und der Erhaltung des der ganzen Farnfamilie eigenthümlichen Geruches bei erfrorenen und getrockneten Exemplaren in ungewöhnlicher Intensität. Es sind dies Folgeerscheinungen des Chemismus, der sich bei dem Aufthauen sofort energisch geltend macht. Dagegen scheint es, daß wir es mit einer direkten Frostwirkung bei einer Beobachtung von Flückiger [3]) an erfrorenen Kirschlorbeerblättern zu thun haben. Dieselben gaben bei der Destillation ein von dem frischen abweichendes Oel und keine Blausäure, während mit Eis bedeckte, aber nicht erfrorene Blätter beide Substanzen im normalen Zustande lieferten.

Die Folgen der Einwirkung von Frühjahrsfrösten sind schon insofern abweichend, als der Frost das Laub schon häufig tödtet, bevor der Chlorophyllapparat in seiner vollkommenen Entwicklung sich zeigt, und dessen Assimilationsprodukt, die Stärke, sich abzulagern beginnt.

Dennoch sind gerade die Laubzerstörungen durch Frühjahrsfröste die wirthschaftlich am tiefsten eingreifenden, und es erscheint deßhalb nothwendig, auf die chemische Analyse solchen erfrorenen Laubes hinzuweisen, um zu zeigen, welchen Verlust der Baum durch den Tod des Frühlingslaubes erleidet. Schroeders [4]) Analysen von Rothbuchenlaub, das ein Maifrost getödtet und 4 Wochen später im vertrockneten Zustande der Untersuchung unterzogen wurde, ergaben Folgendes: In dem erfrorenen Laube war der ganze Stickstoffgehalt (3,56 %) der frischen Maiblätter vorhanden, während in den Herbstblättern nur etwa noch 1,33 % vorhanden sind, so daß also der Pflanze durch den

---

[1]) Kunisch a. a. O., S. 22.

[2]) Bot. Z. 1875, S. 609.

[3]) The effect of intense cold on cherry-laurel., cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 887.

[4]) Schroeder: Untersuchung erfrorenen Buchenlaubes. Forstchemische u. pflanzenphysiologische Untersuchungen, Heft I, 1878, Dresden, S. 87.

Verlust des Mailaubes fast dreimal soviel Stickstoff verloren geht, als durch den herbstlichen Laubfall. Die Trockensubstanz ergab 3,01 % Asche. Von dieser Asche waren 22 % Phosphorsäure, also soviel wiederum, wie in frischen Maiblättern, während die Juliblätter nur 5 % besitzen. Von Kali waren in den Maiblättern normal etwa 30 %, in den erfrorenen dagegen nur 5 % vorhanden. Kalk ist natürlich im jungen Laube noch wenig (6,78 % im grünen, 4,70 % im erfrorenen Laube), während die vegetirenden Juliblätter schon dreimal so viel (20,34 %) besaßen, die abgestorbenen Novemberblätter sogar 37,60 % aufwiesen. Dieses Verbleiben der Proteïnstoffe und der werthvollen Phosphorsäure im erfrorenen Blatte und das Verschwinden des Kali's zeigte also eine Uebereinstimmung in der Stoffwanderung zwischen frosttodtem und sommerdürrem Laube.

Wie sehr der Laubverlust den Achsenkörper schädigt, ergiebt sich aus einer andern Arbeit von Schroeder[1]) über „die Wanderung des Stickstoffs und der Mineralbestandtheile während der ersten Entwicklung der Triebe in der Frühjahrsperiode.“ Die Erschöpfung der Achse durch die Produktion der jungen Triebe ist am weitgehendsten bei der Phosphorsäure, nämlich 46 %; dann folgt Kali, das zu 32 % auswandert; Stickstoff und Magnesia gehen etwa zu 26 % aus der Achse heraus. Dafür treten bis zu Ende dieser Periode 12 % Kalk und 84 % der Anfangsmenge an Kieselsäure hinzu. Von der Gesammtmenge des in die jungen Triebe einwandernden Stickstoffs, Kali's und der Phosphorsäure stammen etwa $^1/_5$ aus der oberirdischen Achse, $^4/_5$ aus der Wurzel und dem Boden. Diese Verhältnisse sprechen dafür, daß der Wurzelkörper in noch höherem Grade als die oberirdischen Achsenorgane von seinem aufgespeicherten Vorrath an Stickstoff, Phosphorsäure und Kali abgiebt.

Es ist vorhin darauf aufmerksam gemacht worden, daß Schroeder die Uebereinstimmung in dem Verhalten der Mineralstoffe zwischen durch Frost und durch Hitze getödtetem Laube hervorgehoben. Nun ist aber neuerdings von Ramann[2]) nachgewiesen worden, daß das durch Frost getödtete Laub bei Eiche, Fichte und Tanne, wenn es analysirt wird, bevor es einen Regen ausgehalten, dieselbe prozentische Zusammensetzung der Asche, wie das frische Laub, daß also auch der Kaligehalt im Verhältniß zu den andern Nährstoffen derselbe bleibt und eine Rückwanderung des Kali's in die Achse nicht stattfindet. Wenn nicht etwa spätere Untersuchungen sommerdürren Laubes auch noch nachweisen, daß aus den sommerdürren Blättern der Regen einen Theil der Mineralstoffe, namentlich aber das Kali ausgewaschen hat, würde durch das verschiedene Verhalten dieses leicht beweglichen Nährstoffes ein fundamentaler

[1]) A. a. O., S. 83.

[2]) Ramann: Aschenanalysen erfrorener Blätter und Triebe. Bot. Centralbl. 1880, S. 1274.

Unterschied in den Folgen der beiden entgegengesetzten Todesursachen, Hitze und Frost, gefunden werden können. Der Unterschied wäre auch leicht erklärlich. Bei der Sommerdürre stirbt das Laub langsam, und die leichtest beweglichen Stoffe, Kali sowie unter den organischen Stoffen die schnell sich umbildende Stärke, haben Zeit, auszuwandern, während der plötzlich eintretende Frosttod die augenblickliche Beschaffenheit erhält.

Eine Erscheinung, welche für die von mir vertretene Anschauung einer Disposition zu Erkrankungen wichtig ist, tritt sowohl bei Schroeder's als auch bei Ramann's Analysen hervor, nämlich der geringere Gesammtsubstanzgehalt des erfrorenen, auch frisch und unberegnet untersuchten Laubes gegenüber den unversehrt gebliebenen Parthien desselben Baumes. Ich bringe diesen Umstand mit meiner Beobachtung in Verbindung, daß in den durch leichten Frost beschädigten Blüthen bei Obstbäumen sich weder die Zellen des allerjüngsten, noch des alten Gewebes beschädigt zeigten, sondern die am meisten in Streckung und im Uebergange zu Dauergewebe befindliche Zone frostbeschädigte Zellen aufwies. Hier dürfte die Concentration des Zellsaftes die relativ geringste sein und die Störung daher am leichtesten eintreten.

Wie verschieden sich zu derselben Zeit des Frosteintritts die einzelnen Pflanzen ihrer Zusammensetzung nach verhalten, ergeben Ramann's Bestimmungen der durch Wasser ausziehbaren Aschenmengen aus erfrorenem Laube. Binnen 72 Stunden zog Wasser nicht weniger als 19,219 % der Gesammtasche der Rothbuchenblätter aus und bei der Eiche sogar 26,46 %. Daß diese leichte Diffusibilität der Aschenbestandtheile nicht etwa als eine Folge späterer Zersetzung angesehen werden darf, geht daraus hervor, daß die größten Mengen, nämlich bei der Buche 15,42 %, bei der Eiche 19,66 % schon in den ersten 24 Stunden ausgelaugt worden waren. Diese letzteren Mengen ergaben an Reinasche für die Buche 11,15 %, für die Eiche 14,18 % des Auszuges.

Stammkörper.

Während des Gefrorenseins zeigt der Stamm mit Ausnahme der später zu erwähnenden, verschiedene Zerklüftungserscheinungen hervorrufenden Eisdrusen im Gewebe keine bemerkbaren Veränderungen. Erst nach dem Aufthauen macht sich der Chemismus in denjenigen Zellparthien geltend, welche durch den Frost geschädigt worden sind. Das Zeichen der Humifikation, die Braunfärbung, macht sich bei dem allmählich der Wandung antrocknenden Inhalt geltend, und auch die Wandungen selbst nehmen unter meist theilweiser Quellung eine gelbe bis braune Färbung an. Dem bloßen Auge erscheint die ganze frosttodte Parthie gleichmäßig braun.

Wenn einzelne Stammtheile erfroren sind, gewahrt man, daß nicht nur der der Frostwirkung dargebotene Theil sich braun färbt, sondern daß die Braunfärbung vom Frostheerde aus in das benachbarte Gewebe sich eine Strecke

hinein fortsetzt. Gewöhnlich sieht man von den Theilen, welche im ganzen Querdurchmesser gebräunt sind, braune Streifen bis zu verschiedener Tiefe sich stammabwärts ziehen, und diese Streifen haben manchmal eine symmetrische Anordnung, so daß ein Querschnitt durch den halb gesunden Stammtheil eine regelmäßige, gebräunte Figur aufweist. Am bekanntesten ist das „Landwehrkreuz" bei Acer; bei Cytisus und Fraxinus kommen ähnliche Bilder vor. Cytisus und andere Papilionaceen zeigen zuweilen sehr ansprechende Buntfärbung derartiger Querscheiben, welche wohl eine technische Verwendung verdienen. Die Buntfärbung ist durch den verschiedenen Grad der Bräunung in den Zonen des Kernholzes und des Splintes bedingt. Die Fortpflanzung der Braunfärbung in das gesunde Gewebe hinein erkläre ich mir durch das allmähliche Absterben der zu dem frosttodten Organe gehörigen, schräg absteigenden Gefäßbündel. Wenn man einzelne Augen künstlich erfrieren läßt, sieht man später an dem sonst fortwachsenden Zweige oft einen, durch mehrere Internodien schräg den Holzkörper bis zur Markkrone hin durchsetzenden, braunen Streifen; es ist dies der zu dem Auge und dem dasselbe ehemals schützenden Blatte führende Hauptgefäßbündelstrang. Bei abgefrorenen, stärkeren Aesten wird der braune absteigende Theil um so breiter sein. Bei Baumarten mit gegenständigen Knospen oder auch mit abwechselnden Knospen an den Theilen, wo dieselben gedrängt auf kurzen Internodien stehen, können auf diese Weise regelmäßige Frostfiguren entstehen.

Von derselben, ja bisweilen von viel größerer Bedeutung als das Tödten der Pflanzen ist für den praktischen Pflanzenzüchter die Kenntniß der nicht oder doch erst nach längerer Zeit mit dem Tode endigenden Störungen der normalen Funktionen durch den Frost. Es gehört dahin in erster Linie die in der Regel durch Temperaturerniedrigung bedingte

Herbstfärbung des Laubes.

Daß die Herbstverfärbung nicht nur auf die zum Abfallen sich vorbereitenden Blätter der laubabwerfenden Bäume sich erstreckt, sondern auch die wintergrünen Gewächse umfaßt, ist bereits früher erwähnt worden. Die Farbenänderung ist mit einem Wechsel der Constitution der protoplasmatischen Gebilde verbunden.

Nach Kraus[1]) nehmen die Blätter bei Eintritt des Winters entweder eine braune Farbe an, wie ein Theil unserer einheimischen Nadelhölzer und der Buxbaum, oder aber es macht sich die am häufigsten auftretende Rothfärbung der Blätter geltend, von der Treviranus[2]) meint, daß diejenigen

[1]) „Ueber die winterliche Färbung immergrüner Gewächse" in Sitzungsber. d. physik.-mediz. Soc. zu Erlangen, cit. in Oekonom. Fortschritten 1872, Nr. 1 und 2.

[2]) Ueber den Wechsel des Grünen und Rothen in den Lebenssäften belebter Körper. Bot. Zeit. 1860, S. 282.

Pflanzen sie zeigen, die reich an Säure und oxalsaurem Kalk sind. So entwickeln Vinca, Helleborus, Dianthus, Polypodium, die Cruciferen, Umbelliferen und Labiaten keine wesentliche Rothfärbung.

In andern Fällen tritt aber auch nur ein veränderter, grüner Farbenton auf. Letztere Nüancenveränderung wird durch eine bei allen Pflanzen stattfindende Lageveränderung der Chlorophyllkörner bedingt, welche ihre, die ganze Zellwand gleichmäßig bedeckende Stellung verlassen und in Klumpen sich zusammenballen; diese liegen nie an den Stellen der Zellwand, welche Intercellularräume begrenzen. Die Rothfärbung wird durch Ballen von Gerbstoff bedingt, die bald wandständig, bald als Kugeln in der Mitte der Zellen auftreten und in den nicht von der Rothfärbung betroffenen Pflanzentheilen gelblich, in den gefärbten aber leuchtend carminroth erscheinen. Bei denjenigen Pflanzen endlich, welche schmutzig braungrün werden, geschieht dies durch eine Verfärbung und mehr oder minder hochgradige Formzerstörung der Chlorophyllkörner. In den obigen Beispielen von Kraus ergab die Untersuchung, daß die unmittelbar unter der Epidermis der Oberseite liegende, dichte Zellschicht, das sogenannte Pallisadenparenchym, feinkörnige, lebhaft rothbraun bis kupferroth gefärbte Protoplasmamassen an Stelle der verschwundenen Chlorophyllkörner enthielt. Je weiter man in dem Blattinnern von der braunen Oberseite nach der grünbleibenden Unterseite vordringt, um so mehr zeigen sich Uebergänge von diesen, bisweilen noch als kupferrothe Protoplasmaballen auftretenden Modifikationen zu den unversehrten Chlorophyllkörnern.

Alle diese Veränderungen lassen sich in kurzer Zeit wieder auf normale Färbung zurückführen, wenn man abgeschnittene Zweige in die Wärme bringt. Dabei wird also die Lichtintensität nicht erhöht, und es ergiebt sich daraus, daß nur die Temperaturerniedrigung als die Ursache bei der Herbstfärbung im Allgemeinen angesehen werden muß. Ein weiterer Beweis liegt darin, daß bei den herbstlichen, nächtlichen Reifen nur die bereiften, also die durch Strahlung am meisten abgekühlten Stellen sich verfärben, während die im Innern der Krone befindlichen, irgendwie durch andere Blätter verdeckten Theile keine Farbenänderung zeigen.

Bei dem Versuch einer Erklärung der herbstlichen Verfärbung haben wir zunächst auseinander zu halten die Veränderungen, welche der grüne Farbstoff des Chlorophyllkorns erleidet und das bei vielen, aber nicht allen Pflanzen als Begleitserscheinung zu betrachtende Auftreten des die Gerbstoffreaktionen zeigenden rothen Farbstoffes.

Was nun die Veränderung des Chlorophyllfarbstoffes anbetrifft, so ist durch Frank[1]) und Wiesner[2]) nachgewiesen worden, daß bei der herbstlichen

---

[1]) Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XXIII, v. 24. Febr. 1882.
[2]) Bemerk. über d. Natur d. Hypochlorins. Bot. Centralbl. 1882, Bd. X, S. 260.

Verfärbung das Chlorophyll in eine von Pringsheim[1]) „Hypochlorin" genannte Substanz übergeht. Es ist dies ein meist dunkelgefärbter, ölartiger Körper der bei Einwirkung anorganischer und organischer Säuren auf das Chlorophyllkorn entsteht und schließlich in nadel= oder peitschenartigen, braunen Krystallen anschießt. Daß das Hypochlorin nicht von den Assimilaten des Chlorophyllkorns und ebensowenig von dem in den verspillerten Pflanzen auftretenden Etiolinkörnern abstammt, hat Wiesner gezeigt. Wenn man den grünen Farbstoff auszieht, so zeigt sich in der Rohchlorophylllösung bei Zusatz von Salzsäure eine schmutzig=braune Färbung; es setzt sich allmählich ein brauner Niederschlag ab, der aus den feinen Hypochlorinnadeln besteht, welche identisch mit den innerhalb der Pflanzenzelle aus dem Chlorophyllkorn ausschießenden Krystallen sind. Von diesem Hypochlorin hat nun Tschirch[2]) nachgewiesen, daß es mit dem „Chlorophyllan" von Hoppe=Seyler identisch ist und daß es als das erste Oxydationsprodukt des Chlorophylls (und zwar nur eines Theiles des Rohchlorophylls, nämlich des Reinchlorophylls oder Cyanophylls von G. Kraus) aufzufassen ist, welches auch schon von selbst sich bildet, wenn eine Chlorophylllösung längere Zeit stehen bleibt.[3])

Die Bildung des Chlorophyllans oder Hypochlorins fand Tschirch in dem Maße zunehmend, je mehr Säure (durch Normalalkali titrimetrisch bestimmt) in den Pflanzentheilen nachweisbar war. Außer Wasserpflanzen dürften nur wenig Pflanzen existiren, deren Zellsaft nicht deutlich sauer reagirt. Bei Gattungen, welche wenig Säure enthalten, wird die Chlorophyllanbildung eine geringe sein und der gemachte Auszug wird lange stehen müssen, während bei stark sauren Pflanzen (Aesculus, Rumex) die Oxydation so schnell vor sich geht, daß man überhaupt keinen rein grünen Auszug machen kann, da derselbe sofort die Eigenschaften des modifizirten Chlorophylls zeigt und schon bei dem Erkalten Chlorophyllan absetzt. Der Chlorophyllfarbstoff muß überhaupt eine außerordentlich labile Verbindung sein; denn Wiesner[4]) fand, daß eine Rohchlorophylllösung

---

[1]) Untersuchungen über Lichtwirkung. Pringsheim's Jahrbücher 1880, Bd. XII.

[2]) Sitzungsberichte d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XXIII, v. 28. April 1882.

[3]) Es ist auch identisch mit dem sogenannten „krystallisirten Chlorophyll" von Gautier und von Rogalski, dem „reinen Chlorophyll" von Jobin, dem Niederschlage, den Filhol mittelst Salzsäure in Chlorophylllösungen erhielt, und dem „modificirten Chlorophyll" von Stokes.

Es läßt sich durch Reduktion mittelst Zinkstaub in einen reingrünen Körper zurückführen, der wahrscheinlich mit dem Chlorophyll identisch ist. Concentrirte Salzsäure spaltet das Chlorophyllan in einen in Salzsäure mit blauer Farbe löslichen Körper, das „Phyllocyanin" der Autoren und einen in dieser unlöslichen, in Aether löslichen, braunen Körper, das „Xanthin" von C. Kraus. (Tschirch: Untersuchungen über das Chlorophyll III. Ber. d. deutschen Bot. Ges., Bd. I, Heft 3 und 4, cit. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XIV, Nr. 25, S. 356.

[4]) a. a. O., S. 263.

nicht einmal unverändert das Eindampfen verträgt, wenn es nicht bei einer Temperatur tief unter dem Siedepunkte stattfindet; nur in letzterem Falle ergab Salzsäurezusatz noch etwas Chlorophyllan.

Für unsere Betrachtung erwähnenswerth ist, daß nach Tschirch auch schon die Kohlensäure im Stande ist, das Chlorophyll in Chlorophyllan umzuwandeln. Auch die Substanzen der Gerbstoffreihe, mit welchen der rothe Farbstoff sicher verwandt ist, werden wir zu den sauer reagirenden, das Chlorophyllkorn angreifenden Körpern zu rechnen haben, und es frägt sich jetzt nur, woher es kommt, daß erst im Herbst dieser entfärbende Einfluß des sauren Zellsaftes auf das Chlorophyllkorn sich geltend macht? Dies kann nun entweder daher kommen, daß im Laufe des Sommers so wenig freie Säure im Verhältniß zum übrigen Material in der Blattzelle disponibel ist, daß das zur Chlorophyllanbildung verbrauchte Chlorophyll stets und schnell durch den überwiegenden Assimilationsprozeß ersetzt wird und wir daher in gewöhnlichen Fällen nichts von einer Gelbfärbung der Chlorophyllkörper merken, oder zweitens könnten auch die Chlorophyllkörper durch eine Substanz, welche die Säuren nicht durchläßt, geschützt sein und erst der Herbst diesen Schutz allmählich wegnehmen. Es könnten aber auch beide Vorgänge stattfinden, und dieses ist nach den vorliegenden Untersuchungen das Wahrscheinlichste.

Daß im Sommer der Assimilationsprozeß überwiegt und nicht nur den durch Athmung veranlaßten Substanzverlust ersetzt, sondern neue Reservesubstanz speichert, ist bekannt. Daß die Chlorophyllkörper aber auch gleichzeitig vor dem Angriff der Säuren des Zellsaftes geschützt sind, ist ebenfalls bekannt, und es ist von Frank und Wiesner auch besonders hervorgehoben worden, daß die grünen Körner im für Säuren undurchdringlichen Protoplasma eingebettet liegen. Andrerseits hat Tschirch erwähnt, daß jedes Chlorophyllkorn von einer farblosen Plasmamembran (Hyaloplasma-Schicht), die namentlich bei Wasserpflanzen leicht nachweisbar, umgeben ist und auf diese Weise einen speziellen Schutz gegen den sauren Zellsaft besitzt.

Wenn nun die Blattzelle im Herbste ihrem Lebensende sich nähert, ist das Protoplasma derselben nicht mehr sehr reichlich vorhanden. Aber selbst da, wo es noch reichlicher sich vorfindet, erleidet es bei der Herbstkälte eine (durch Wärme wieder reparirbare) Alteration, vermöge welcher es permeabel für Säuren wird. Frank sah die durch Säurewirkung erzeugte Gelbfärbung des Chlorophyllkorns bereits eintreten, wenn dasselbe nebst dem Zellkern noch dicht in der wandständigen Plasmaschicht eingebettet lag. Eine solche Aenderung in den diosmotischen Eigenschaften des Protoplasma's läßt auch in den wintergrünen Gehölzen die Säure zur Wirksamkeit kommen.

Die organischen Säuren vermehren sich aber im herbstlichen Blatte, und auf diese Weise ist die Verfärbung eine um so leichtere. Solche Chlorophyllan-

bildung wird zur Herbstzeit in allen Blättern auftreten. Es zeigt sich nun, wie anfangs erwähnt, aber auch noch häufig eine leuchtende

Rothfärbung

der herbstlichen Blätter, welche Aehnlichkeit mit der Röthung des jungen Laubes besitzt, aber im Allgemeinen intensiver ist. Chatin[1]) hat behauptet, daß die Frühlingsfärbung durch das Auftreten eines rothen Farbstoffes in den Epidermiszellen hervorgebracht würde und die inneren Blattzellen des Mesophylls rein grün verblieben, während bei der Herbstfärbung der rothe Farbstoff ausschließlich im Mesophyll sitzt. Diese Behauptung ist unrichtig, da der rothe Farbstoff (Erythrophyll von Berzelius) in den jungen Blättern epidermal, subepidermal und überall da zu finden ist, wo Kohlenhydrate geleitet werden, also namentlich in den Gefäßbündelscheiden. Er geht aus einer opalisirenden, farblosen, fettartig aussehenden, stark lichtbrechenden Substanz[2]) hervor, welche die Gerbstoffreaktion zeigt und in Wasser nicht oder nur wenig löslich ist, während der rothe Farbstoff selbst schnell vom Wasser gelöst wird. Nach den Untersuchungen von Pick[3]) zeigt die spektroskopische Prüfung, daß dieser rothe Farbstoff grade die Strahlengattungen absorbirt, welche der Chlorophyllfarbstoff durchläßt. Hinter einer solchen rothen Zellsaftlösung vermögen die Chlorophyllträger zu ergrünen und nach dem Ergrünen auch zu assimiliren. Durch Beleuchtungsversuche an grünen Pflanzen mit Hülfe einer wässerigen Lösung des rothen Farbstoffes von Beta vulgaris kommt Pick zu der Anschauung, daß durch dieses rothe Licht die Stärkeauflösung und Stärkewanderung wesentlich befördert wird, daß somit bei den Pflanzen, welche den rothen Farbstoff entwickeln, dieser als eine Hülfsvorrichtung im Haushalt erscheint, dazu dienend, eine schnelle Wanderung der Kohlenhydrate von den Reserve- oder Erzeugungsheerden[4]) nach den Verbrauchsstätten zu ermöglichen. Warming wies nach, daß grade die Winterblätter in ihrer Epidermis fast immer den Gerbsäure-

---

[1]) Naturforscher 1874, Nr. 11, cit. in Biedermann's Centralbl. 1874, Bd. VI, S. 111.

[2]) Wigand: Einige Sätze über die physiolog. Bedeutung des Gerbstoffes ꝛc. Bot. Zeit. 1862, S. 121.

[3]) Pick: Bedeutung des rothen Farbstoffes bei den Phanerogamen. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XVI, Nr. 48, S. 281 ff.

[4]) Aus dem Experiment von Pick ist nicht mit Nothwendigkeit eine solche Funktion des rothen Farbstoffes zu folgern. Das Resultat, daß der Blatttheil hinter Rubinglas stärkere, hinter der rothen Betalösung geringere Stärkemengen im Pallisadenparenchym und dafür im umgekehrten Verhältniß im Schwammparenchym besaß, kann auch auf andere Weise erklärt werden. Wenn man mit Stahl das Schwammparenchym als diejenige Gewebeform ansieht, welche für schwächere Beleuchtung angepaßt ist, so wird dieses Gewebe im Pick'schen Experiment das besser assimilirende gewesen sein und mehr Stärke produzirt haben, als das lichtbedürftigere Pallisadenparenchym, aus welchem in diesem Falle also nicht die Stärke durch den Einfluß des rothen Lichtes in das Schwammparenchym gewandert zu sein braucht.

Reaktion zeigenden Stoff in großer Menge enthalten, also das Material für die Rothfärbung reichlich besitzen.[1])

Von C. Kraus[2]) ist nachgewiesen worden, daß das von Gorup-Besanez[3]) im wilden Wein zuerst aufgefundene Brenzcatechin (Oxyphensäure) in allen sich herbstlich verfärbenden Blättern, ja auch (soweit die theilweise Untersuchung reichte) in allen noch kräftig vegetirenden Blättern vorkommt. Diese wird durch Eisenchlorid grün, mit Pflanzensäuren schön roth. Die Extrakte der Blätter geben die Reaktionen der Oxyphensäure, und es ist deßhalb der Schluß nahe gelegt, daß der rothe Farbstoff bei den jungen und herbstlich gefärbten Blättern aus der durch gesteigerte Säurebildung vermehrten Einwirkung auf das Brenzcatechin hervorgeht.

Das bisher Gesagte zusammenfassend, können wir den Vorgang der Herbstverfärbung als einen gegenüber dem Assimilationsprozeß gesteigerten, auf Lichtwirkung angewiesenen Oxydationsprozeß auffassen.

Derselbe äußert sich auf die in den Zellen der verschiedenen Pflanzen quantitativ sehr verschieden vorhandenen Stoffe derart, daß aus dem Chlorophyllfarbstoff das Chlorophyllan entsteht und dadurch das Blatt gelb wird.[4]) Wenn das künstlich aus Kohlenhydraten herstellbare, in den oben beschriebenen, opalisirenden Tropfen angenommene Brenzcatechin durch die herbstliche, reiche Säurebildung in einen rothen Farbstoff umgewandelt wird, tritt neben der Gelbfärbung die Röthung der Blätter auf. Ueberwiegt dagegen die unter Formzerstörung der Chlorophyllkörner von G. Kraus[5]) und Haberlandt[6]) beobachtete Bildung braungelber Massen, die C. Kraus als Oxydations- und Humifikationsprodukte der Kohlenhydrate betrachtet, so färben sich die Blätter braun.

Alle diese Verfärbungen verschwinden, wenn der Assimilationsprozeß die Oberhand gewinnt, wie die herbstlich verfärbten Zweige wintergrüner Pflanzen bei ihrer Ueberführung in ein geheiztes Zimmer beweisen.

Es reiht sich nun unserer Anschauung nach der Prozeß der Herbstverfärbung als ein fortwährend in geringerem Maaße vorhandener, durch Licht bewirkter Oxydationsvorgang in die normalen Lebensprozesse ein, der bei der Entwicklung der jungen Triebe und im Herbst zum Dominiren kommt, in der übrigen Vegetationszeit verdeckt durch den Assimilationsprozeß wird. Die häufigste,

[1]) Bot. Centralbl. 1883, Nr. 50, S. 350.

[2]) Ueber die Herbstfärbung der Blätter und die Bildung der Pflanzensäuren. Biedermann's Centralbl. 1874, I, S. 126.

[3]) Annalen der Chemie und Pharmacie 1872, Bd. CLXI, Heft 2 und 3.

[4]) Der Chlorophyllanauszug herbstlich todter Blätter zeigt dieselben „bandes accidentelles permanentes" wie Chantard (Centralbl. f. Agrikulturchemie 1874, S. 40) schon früher hervorgehoben hat.

[5]) Oeconom. Fortschritte 1872, Nr. 1 und 2.

[6]) Biedermann's Centralbl. 1876, II, S. 48.

aber durchaus nicht die einzige Ursache der Rothfärbung ist die Temperaturerniedrigung, wodurch die Lichtwirkung in relativen Ueberschuß gelangt. Auf hierher gehörige Untersuchungen von Schell ist in dem Artikel „Ergrünungsmangel“ eingegangen worden. Es sind nicht die absoluten Licht- und Wärmewerthe, welche hierbei ausschlaggebend sind, sondern die relativen, also in Beziehung aufeinander in Betracht kommenden Werthe. Die Temperaturerniedrigung wirkt herabstimmend auf den Chlorophyllbildungsprozeß, während sie noch den Brenzcatechin bildenden, etwas mehr Licht beanspruchenden [1]), die Rothfärbung einleitenden Oxydationsvorgang in voller Thätigkeit unterhält. Wenn die Thätigkeit des Chlorophyllapparates erhöht, also mehr Kohlenhydrate gebildet werden, reicht der zugängliche Sauerstoff zu so hochgradiger Oxydation nicht mehr aus, und der Prozeß der Rothfärbung unterbleibt. Thatsächlich verlieren ältere Organe die Fähigkeit der Pigmentbildung bei gewöhnlichem Entwicklungsgange. Wenn man aber die Chlorophyllarbeit durch Mangel an Nährstoff- und Wasserzufuhr künstlich herabstimmt, dann kann der in der Zelle disponible Sauerstoff genügen, das spärlicher gewordene Material wieder hochgradig zu oxydiren und dann tritt die Herbstfärbung im Sommer ein.

Bei Ringelungsversuchen an Crataegus im August bemerkte ich den Eintritt der Herbstfärbung in der größten Sommerhitze, und bisweilen gelingt es an etwas consistenteren Blättern durch Einbrechen der Mittelrippe an dem am Baume belassenen Blatte die Spitze zur hochrothen Herbstfärbung zu bringen, während die unterhalb der scharfen Knickungsstelle gelegene Blattbasis ihre normale, tiefgrüne Färbung behält. Außerdem sehen wir im Laufe des Sommers bei vielen Pflanzen die erstgebildeten Blätter des Jahrestriebes, die schnell abgelebt haben, im heißen Sommer die Herbstfärbung annehmen (Ampelopsis). Bedeckte Stellen an jungen, rothen Blättern bleiben grüner.

c) Ergrünungsmangel.

Eine besondere Form der Aeußerung niederer Temperaturen auf die Färbung des Pflanzenkörpers ist das Gelbbleiben wachsender Organe aus Mangel der nöthigen Ergrünungstemperatur. Bei verspillerten Keimpflanzen, die kurze Zeit dem Lichte ausgesetzt, gelber wurden, als die in Dunkelheit verbliebenen Exemplare, fand Elfving [2]), daß sich Etiolin gebildet bei Temperaturen, die für die Chlorophyllbildung noch zu niedrig waren. Im ersten Frühjahr, wenn Pflanzen ihrer Schutzdecken entledigt werden, finden sich zahlreiche Beispiele, daß die unter der Decke entstandenen, etiolirten Triebe trotz der bisweilen reichen Beleuchtung ihre gelbe Farbe nicht oder nur langsam und stellenweis unregel-

---

[1]) Batalin: Ueber die Einwirkung des Lichtes auf die Bildung des rothen Pigmentes. Acta Hort. Petrop. VI.

[2]) Arbeiten d. Bot. Instituts zu Würzburg, Bd. II, Heft 3, cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 835.

mäßig verlieren. Bei Hyacinthen z. B., die früh aufgedeckt worden, finden wir diese Zustände alljährlich. Hier darf aber der Fall nicht mit der ebenfalls häufigen Erscheinung verwechselt werden, daß die bereits grün gewesenen, jungen Blätter in Folge direkter Frostwirkung unter Zerstörung der Chlorophyllkörper gelb bis weiß werden.

Letztere Störung muß der Herbstverfärbung des Chlorophyllkorns angereiht werden, die nach Sachs[1]) in der Weise vor sich geht, daß zunächst die Stärkeeinschlüsse verschwinden, dann die Körner eine gelbe Farbe annehmen, allmählich ihre Form verlieren und schließlich ganz verschwinden, wobei nur noch sehr kleine, gelbe, fettglänzende Körperchen zurückbleiben. Bei Einwirkung plötzlicher, mehrstündiger Kälte sah Haberlandt[2]) erst bei — 4 bis 6° C. eine merkliche Veränderung und erst bei — 12 bis — 15° C. eine totale Zerstörung der Chlorophyllkörner (mit Ausnahme derer bei immergrünen Pflanzen) eintreten. Es entstand eine Verzerrung der Form und Vacuolenbildung der entweder in die Seitenstellung (Apostrophe) übergehenden, oder sich klumpig ballenden Körner, von denen übrigens die mit Stärkeeinschlüssen versehenen schneller zerstört wurden, als die stärkelosen. Bei den Blättern von Viola odorata konnte ein durch das Alter des Blattes erzeugter Unterschied betreffs der Zerstörbarkeit des Chlorophylls nicht wahrgenommen werden.

Bei den an Ergrünungsmangel leidenden Pflanzen findet man die Entwicklungsphasen des Chlorophyllkorns, wie sie bei dem Albinismus vorkommen, ja thatsächlich bisweilen wirkliche Buntblättrigkeit. In den gelb erscheinenden Theilen sehen wir meist die Chlorophyllkörner in Gestalt und Anordnung, wie in der normal ergrünten Zelle, also den freiliegenden oder an Intercellulargänge grenzenden Theilen der Zellwand angelagert (Epistrophe); jedoch ist der Farbstoff nur ein mehr oder weniger intensives Gelb. Von diesem Stadium abwärts bis zum völligen Fehlen der Körner in den meisten Parthien des Blattes finden sich alle möglichen Uebergänge; diese sind aber keine Lösungszustände, sondern Hemmungsbildungen. Die Chlorophyllkörper werden in ihren verschiedenen Entstehungsstadien von einer Temperatur überrascht, die ihre Fortentwicklung nicht mehr gestattet; daher zeigen sich in den weißesten Parthien des Mesophylls die Zellen mit wässrigem Zellsaft erfüllt, der von Plasmasträngen durchzogen ist, ohne daß im plasmatischen Wandbelege irgend welche Chlorophyllkörper angelegt wären. In andern Zellen der gelblicher erscheinenden Parthien ist die Differenzirung des Inhalts bis zur Anlage der Chlorophyllkörper fortgeschritten; aber diese erscheinen weißlicher, weicher, ich möchte sagen, bisweilen wolkiger, minder dicht und minder scharf contourirt.

---

[1]) Experimentalphysiologie, S. 15.

[2]) Haberlandt: Ueber den Einfluß des Frostes auf die Chlorophyllkörner. Oesterr. Bot. Zeit., cit. Bot. Jahresb. 1876, S. 718.

Solche Partien mögen bei bald eintretender, warmer Witterung wohl ergrünen können; jedenfalls können es die von Anfang an dem bloßen Auge gelb erscheinenden; aber nicht gar selten bleiben die einmal weiß angelegten Stellen auch gänzlich oder theilweis hell bei Temperaturen, die der Chlorophyllbildung günstig sind und welche die sich später nachschiebenden Blattpartien normal ergrünt aus der Erde kommen lassen. Es muß also die Zeit, in welcher der Chlorophyllkörper sich ausbilden kann, für die von der Kälte überraschten Zellen vorübergegangen sein. Ich mache mir folgende Vorstellung von diesem Sachverhalt und auch gleichzeitig von der Entstehung des Albinismus. Bei der Ausbildung der Zelle concurriren alle Wachsthumsfaktoren; dieselben sind aber fortwährend in ihren gegenseitigen Mengenverhältnissen variirend. Bald ist im Verhältniß zum Wasser mehr Licht und Wärme, bald mehr Nährstoffzufuhr, als relativ Licht und Wärme zu verarbeiten im Stande sind u. dgl. Wenn bei reicher Stickstoffnahrung normale Frühlingswitterung herrscht, ist die Ausbildung der Zelle eine langsam, aber stetig fortschreitende, und der Chlorophyllapparat entwickelt sich reichlich. Wenn dagegen die Combination der Wachsthumsfactoren eine derartige ist, daß die Ausbildung der Membran schneller fortschreitet, als die Weiterbildung des Zellinhalts, dann ändert sich vorschnell der den Zellinhalt ernährende Diffusionsstrom, und der Inhalt verkümmert. Die Zelle wird reif, geht in den Dauergewebezustand über, bevor sie inhaltsreich genug geworden ist. Dieses Mißverhältniß zwischen Membranausbildung und Inhalt kann entweder eintreten durch Zurückbleiben der Plasmaarbeit unterhalb der Normalen, oder (bei günstigen Entwicklungsbedingungen für das Protoplasma) durch übermäßige Steigerung der Membranausbildung.

Bei dem hier besprochenen Ergrünungsmangel ist die Plasmaernährung und Ausbildung durch die niedrige Temperatur zurückgehalten, während die Membran ihren Verdickungsprozeß normal weiter durchläuft und das Plasmamaterial dazu beansprucht. Bei dem Albinismus ist es bei mäßiger Stickstoffzufuhr die durch relativen Licht- und Wärmeüberschuß abnorm beschleunigte Membranausbildung, welche der Zuleitung von Nährmaterial zum Plasmaleibe der Zelle ein vorschnelles Ziel setzt und auf diese Weise nicht Material genug zur Ausbildung des Chlorophyllkörpers übrig läßt.

Von dieser Theorie geleitet, habe ich seit einiger Zeit versucht, buntblätterige Pflanzentheile dadurch künstlich zu erzeugen, daß ich Pflanzen mit schneller Entwicklung in der Zeit der kräftigsten Vegetation immer wieder entspitzt habe, um Seitentriebe hervorzulocken, und die gestutzten Pflanzen in möglichst direkte Sonnenbeleuchtung gebracht habe, um die jugendlichen Blattzellen möglichst plötzlich und schnell zur Membranverdickung zu bringen. Bei Tradescantia sind hell- bis weißstreifige Exemplare einmal entstanden, während die abgeschnittenen Spitzen derselben Pflanzen im warmen, schattigen Stecklingskasten ihre bisherige Beschaffenheit beibehielten. Der rothe Farbstoff ist, wie ich

schätze, nicht verändert worden, trat aber in den beleuchteten, gestutzten Pflanzen mehr hervor.

Ein Beispiel für das Auftreten der Rothfärbung in Folge von Wärmemangel bei erblich gewordenem Albinismus liefert Charguerand[1]) der Phalaris arundinacea picta beobachtete, deren junge Blattspitzen mit ihren bekannten, weißen Streifen frostgeröthet hervortraten; die rosenrothe Färbung verschwand bei Eintritt warmer Witterung. Eine Bestätigung für den Eintritt der Rothfärbung bei Kälte liefert Schell[2]), der im Frühjahr Pflanzen mit rothgefärbten, jungen Blättern in drei Parthien in verschiedene Temperaturen brachte und beobachtete, daß die im Zimmer bei + 15° C. befindlichen Exemplare binnen 18 Stunden grün wurden, während die bei + 8,5° C. gehaltenen Individuen erst nach 5 Tagen ergrünten und die im Freien bei einem Maximum von etwa + 4° C. belassenen Pflanzen erst nach 20 Tagen ergrünten, als die Lufttemperatur sich erhöhte. Es sprechen diese Beobachtungen für die von mir geäußerte Ansicht, daß die Rothfärbung durch ein Ueberwiegen eines an die Lichtwirkung gebundenen Oxydationsprozesses über den Assimilationsprozeß bedingt ist.

Daß auch die Temperatur nicht unter ein gewisses Minimum bei jeder Spezies sinken darf, wenn der Röthungsprozeß eintreten soll, und daß auch dieser bis zu einer gewissen Optimalwärme sich steigern wird, ist von vornherein anzunehmen, aber außerdem auch noch durch andere Versuche von Schell experimentell erwiesen worden.

Zur Vermeidung einer Fixirung des krankhaften, gelblichen Aussehens bei Ergrünungsmangel ist anzuempfehlen, die Winterdecke allmählich wegzunehmen oder eine leichte Reisigdecke für die ersten Tage über die Pflanzen auszubreiten.

Insofern sich die Herbstverfärbung in den typischen Zeitgrenzen hält, ist sie ein normaler, seniler Vorgang; sie wird pathologisch, sobald sie vorzeitig eintritt.

Dasselbe gilt vom

Herbstlichen Blattfall.

Ueber die anatomischen Veränderungen, welche sich an der Blattbasis mehr oder weniger lange Zeit vor dem Abfall einstellen, wird in dem Kapitel „Wunden" im Abschnitt von der theilweisen Entfernung der Blätter und zunächst auch bei den „Zweigabsprüngen" gesprochen werden. Hier sei einstweilen erwähnt, daß sich eine besonders organisirte Trennungsschicht ausbildet, deren sich leicht durch gesteigerte Turgescenz abrundende Zellen immer weniger Berührungspunkte mit einander behalten und schließlich von einander weichen, wenn der Hebelarm, der in Gestalt des Blattstiels mit der Belastung der Blattfläche an der Trennungsschicht wirkt, mit seinem Druck das Uebergewicht erlangt.

---

1) Revue horticole, Paris 1874, S. 249.

2) Botanischer Jahresbericht 1876, S. 717.

Wir sehen nun, daß dieser Ablösungsvorgang bei den einzelnen Pflanzen je nach Spezies, Standort und Individualität zu sehr verschiedenen Zeiten eintritt. Wir haben langlebige Blätter, wie die Coniferennadeln, die 6, 8 und noch mehr Jahre an dem Zweige ihre Arbeit vollziehen können, während bei unseren sommergrünen Gewächsen in der Regel der Tod im Herbst einzutreten pflegt. Es wäre falsch, zu glauben, daß jeder Baum und an demselben jedes Blatt seine von Anfang an genau vorgeschriebene Lebensdauer besitzt. So gut, wie wir einjährige Pflanzen durch Ueberführung in wärmere Standorte ein zweites Jahr hindurch kultiviren können, so gelingt es uns auch, die Vegetationszeit des einzelnen Blattes zu verlängern. Unser gewöhnliches Ligustrum, das sich bei uns herbstlich entblättert, aber (namentlich in der Varietät mit gelben Beeren) unter Laub- und Schneeschutz die jüngeren Blätter auch bei uns bis zum Frühjahr lebendig am Zweige hält, soll in Italien immergrün sein. Für unsere Laubbäume rückt dort die Zeit des Blattfalls bis in den December hinein und auch bei uns schwanken in den einzelnen Jahrgängen die Zeiten der vollständigen Entlaubung bisweilen um 4 Wochen an ganz benachbarten Standorten.

Abgesehen von der bei uns vorzugsweise maßgebenden Temperaturerniedrigung, welche den Assimilationsprozeß hemmt und die am längsten theilungsfähige Zellenzone an der Blattbasis zur letzten, die Ablösung vorbereitenden Thätigkeit veranlaßt, ist die lokale Wasserzufuhr zum Individuum bedeutungsvoll. Unter gleichen klimatischen Verhältnissen bleiben die Bäume im schweren, feuchten Boden weit länger in Vegetation. Auch im Sommer sehen wir, wenn durch eine große Trockenperiode der Assimilationsprozeß des Blattes herabgedrückt wird, bei nachträglichem Regen die mehr oder weniger gelblichen Blätter sich ablösen (Betula) und als Ersatz neue Triebe sich bilden. Daß mit der zunehmenden Höhe über dem Meeresspiegel die Vegetationsdauer des Blattes sich abkürzt, ist eine allgemeine Erfahrung.[1] Wie die senkrechte Erhebung wirkt auch die Polnähe. Die Blätter der Birke erscheinen im hohen Norden später und fallen früher ab; in Lappland (Enontekis) dauert die Blattperiode von Ende Juni bis Mitte September.[2] Im Innern des europäischen Continents ist die Blattperiode kürzer als an der Westküste unter dem Einfluß des Litoralklima's. Im Allgemeinen wird die Herbstwitterung für den normalen Blattfall den Ausschlag geben und zwar in der Weise, daß sonniges, trocknes Wetter die Blätter zum schnelleren Ausreifen und Ableben bringt. Trübe Herbste, namentlich solche mit warmen Nächten, lassen das Laub lange an den Bäumen. Ebenso halten Schattenexemplare häufig lange das Laub und zeigen bisweilen

[1]) Ebermayer: Die gesammte Lehre der Waldstreu &c. Berlin 1876, S. 27 u. f. und Anhang S. 48 ff.

[2]) H. Hoffmann: Ueber die Blätterverfärbung. Centralbl. f. d. gesammte Forstwesen 1878, S. 337.

auch eine andere Herbstfärbung; bei Schattenexemplaren der Süßkirsche herrscht der gelbe, bei Sonnenexemplaren der rothe Farbenton vor.

Nicht unwahrscheinlich ist ein Zusammenhang zwischen der veränderten Blattfärbung und der verspäteten Lösung. Wenn man nämlich die Bildung der Säuren im herbstlichen Blatte als durch Lichteinfluß vermittelte Oxydationsprozesse auffaßt, dann werden diese Prozesse z. B. bei Schattenexemplaren in geringerem Maaße vor sich gehen. Einerseits wird die Bildung des rothen Farbstoffes in den Zellen schwächer, zweitens der Ablösungsvorgang in so weit langsamer als er auf der von Wiesner[1]) angegebenen Lösung der Intercellularsubstanz der Zellen der Trennungsschicht durch reichlicher auftretende organische Säuren beruht.

Je reifer das Blatt zur Zeit der ersten Herbstfröste, desto leichter fällt es ab; daher sieht man die alten Blätter der Zweige im Herbst zuerst vom Winde abgeknickt. Die größere Lebensenergie, der größere Reichthum an plastischem Material lassen das jugendlichere Blatt bei Frostwirkungen, welche nicht tödtlich sind, widerstandsfähiger erscheinen.

Treten tödtliche Frostgrade im Herbste zu einer Zeit auf, in welcher das Blatt noch seine Trennungsschicht nicht weit genug ausgebildet, der Baum von seiner Vegetationsruhe noch weit entfernt ist, dann bleibt das todte Laub über Winter an den Zweigen (Buche, Eiche). Die Buchen, bei denen das Laub hängen bleibt, belauben sich vielfach später im Frühjahr, als normal ausgereifte Exemplare.[2])

Bisweilen veranlaßt der erste Herbstfrost das Abfallen von Blättern, welche sonst noch einige Zeit am Baume verblieben wären. Zur Zeit des ersten Nachtfrostes sieht man frühmorgens, wenn der Reif noch liegt, selbst bei windstillem Wetter, sobald die Sonne heraufkommt, die Blätter der Bäume abbrechen und die Fiederblättchen sich von der gemeinsamen Spindel lösen. Mohl[3]) fand in solchen Fällen die Blattnarben der abgefallenen oder grade in der Ablösung begriffenen Blätter bei einer Anzahl von Pflanzen mit einer dünnen Eisschicht bedeckt. Paulownia z. B. zeigte eine besonders dicke Eiskruste. Manchmal waren die Blätter nur noch durch die Eiskrystalle mit ihrer Narbe verbunden. Diese Eiskrystalle haben sich in der Trennungsschicht der Blätter gebildet. Die säulenförmige Beschaffenheit der Krystalle, ihre über den Gefäßbündeln durch Luftbläschen hervorgebrachte Trübung, ihre scharf mit der Umgrenzung der Blattnarbe abschneidende Auflagerung sprechen dafür, daß nicht größere Mengen etwa ausgeflossenen Saftes gefroren sind, sondern daß kleine Parthien Wasser durch die Zellwände genau am Orte, wo sie beobachtet werden,

[1]) Wiesner: Untersuchungen über die herbstliche Entlaubung der Holzgewächse. Landwirthsch. Versuchsstationen XV, 1872, S. 144.

[2]) A. de Candolle in Centralbl. f. Agrikultur-Chemie 1879, I., S. 159.

[3]) Bot. Zeitung 1860, S. 16.

ausgetreten und zu Eis erstarrt sind, und daß unter dieser ersten Säulenplatte immer neue Mengen Wasser aus der Zellwand austreten, erstarren und die erstgebildete Eismasse in die Höhe heben. Durch das basale Wachsen der Eissäulen innerhalb der Zwischenzellräume in der Trennungslinie wird das Blatt von der Blattnarbe immer mehr abgehoben und der schon vorgebildete Riß auch bei solchen Blättern verlängert, bei denen die Trennungsschicht noch nicht vollkommen ausgebildet war. Bei solchen Blättern findet durch die Ausdehnung des Eises oftmals auch ein mechanisches Zerreißen der noch fest aneinanderhaftenden Zellen in den noch festen Parthien der Trennungsschicht statt. Derartige Blätter fallen nach dem Aufthauen der kittenden Eisschicht ab, während sie ohne den Herbstfrost noch einige Zeit am Baume verblieben wären.

d) Die Schütte.

Wenn man, wie dies bis jetzt häufig der Fall, unter Schütte ein massenhaftes, vorzeitiges Abfallen der Nadeln bei Coniferen, namentlich bei Kiefern versteht, so muß von vornherein hervorgehoben werden, daß sehr verschiedene, und zwar oft ganz entgegengesetzte Ursachen diese Erscheinung bedingen können. So können Frost und Hitze, Wassermangel sowie Wasserüberschuß und nachgewiesenermaßen auch Parasiten einen solchen Entnadelungsprozeß veranlassen.

Indeß geben Zeit des Auftretens, Form der Verfärbung, Dauer des Entnadelungsvorganges u. s. w. Merkmale schon jetzt an die Hand, um bestimmte Krankheiten mit dem gleichen Symptom der Entnadelung von einander trennen zu können, und man muß daher von einer Frostschütte, Dürrschütte, Pilzschütte u. dgl. sprechen.

Frostschütte junger Kiefernpflanzen.

Als solche bezeichnen wir diejenige Krankheit, welche Ebermayer[1]) auf einen Mangel an Bodenwärme bei gleichmäßiger, starker Erwärmung des Luftmeeres zurückführt. Wir geben im Folgenden zunächst die Ebermayer'sche Anschauung wieder, weil sie die am meisten verbreitete ist.

Seit ungefähr 30 Jahren zeigt sich sehr häufig in größeren Kiefernkulturen die Erscheinung, daß im Frühjahr bei jungen Kiefernpflanzen plötzlich die Nadeln braungelb oder braunroth werden und nach kurzer Zeit abfallen, ähnlich wie dies im Sommer bei anhaltender Trockenheit geschieht. Die größere Verbreitung dieser Schütte datirt erst von einer allgemeiner gewordenen Aenderung der früheren Kulturmethode der Samenschläge und des Fehmelbetriebes, an deren Stelle jetzt die Erziehung der Pflanzen in Saatbeeten oder auf abgetriebenen, kahlen Stellen getreten ist. Vorzugsweise leidet die gemeine Kiefer (Pinus

[1]) Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden 2c. Aschaffenburg 1873, Bd. I, S. 251.

silvestris) in ihren 2—5jährigen Samenpflanzen, und zwar tritt hier die Krankheit in den Monaten März bis Mai oft so plötzlich auf, daß binnen 2 bis 3 Tagen große Flächen wie verbrannt erscheinen. Dabei aber läßt sich beobachten, daß junge Pflanzen unter dem Schutze eines nicht sehr geschlossenen Nadelwaldes oder gemischten Bestandes oder auf von Samenbäumen beschirmten Schlägen nicht schütten, während kahle Flächen im Freien oder in geschützten (geschlossenen) Lagen von der Krankheit außerordentlich heftig heimgesucht werden. Dichtstehende Pflanzen leiden mehr als lichtstehende, Saaten wieder stärker als Pflanzungen, und gestutztwurzelige mehr als Exemplare mit langen, kräftigen Wurzeln. Obgleich die Schütte in den verschiedenartigsten Bodenverhältnissen auftritt, so ist doch nicht zu verkennen, daß sie am intensivsten auf nassem und auf einem mageren Sandboden erscheint. Gebirgslagen sind weniger heimgesucht als die Ebene, und die Nordseiten scheinen vollständig verschont zu bleiben, während Süd- und Westseiten stark leiden.

Die Krankheit zeigt sich nicht in jedem Jahre, sondern meist nur nach schneearmen, naßkalten Wintern mit abwechselnden, harten Fröste; am stärksten schütten die Pflanzen in trockenen Frühjahren, wo der März und April durch helle, warme Tage und darauf folgende kalte Nächte ausgezeichnet sind; die kranken Exemplare erholen sich überhaupt nur dann noch, wenn der Boden ziemlich gut und Frühjahr und Sommer nicht allzu trocken sind; andernfalls sterben die meisten Pflanzen oder kränkeln doch viele Jahre hindurch. Wichtig für die Erklärung der Krankheit ist auch noch die Beobachtung, daß die Kiefern oft strich- oder fleckweise erkranken und daß solche Pflanzen, welche durch einen benachbarten Holzbestand oder dergl. gegen die Mittagssonne geschützt waren, entweder gar nicht, oder nur in ganz geringem Grade von der Krankheit befallen wurden. Saatbeete, welche bis über die Zeit der Frühjahrsfröste hinaus mit Reisig bedeckt waren, schütteten nie, während nebenan liegende, schutzlose Saaten von der Krankheit befallen wurden; dieselbe breitete sich erst dann über die geschützten Beete aus, wenn man dort während des heißen Frühjahrssonnenscheins die Reiserdecken entfernte. Samenpflanzen, welche zwischen älteren Ballenpflanzen oder zwischen Besenpfriemen aufwuchsen, selbst solche, die unter hohem Grase geschützt standen, schütteten nicht, während sie da, wo z. B. die Besenpfriemen im Herbste herausgehauen waren, von der Schütte befallen wurden.

Alle diese Thatsachen erklären sich ungezwungen durch die mehrjährigen Beobachtungsreihen der forstlichen Versuchsstationen (in dem bereits erwähnten Ebermayer'schen Werke), aus welchen hervorgeht, daß in den Monaten März und April die Temperatur im Boden oft (je nach der Höhe, Bodenbeschaffenheit und Witterung) bis zu 4 Fuß Tiefe kaum 4° R. beträgt, in der Regel aber noch geringer ist, während die Temperatur der Luft im Schatten nicht selten um 15—18° R. höher ist. Die unmittelbare Folge solcher Temperatur-

differenzen zwischen Luft und Boden ist die, daß die oberirdischen Pflanzentheile stark verdunsten, während die Wurzeln, durch die Bodenkälte noch in Unthätigkeit zurückgehalten, nicht im Stande sind, das Bodenwasser aufzunehmen oder wenigstens im gehörigen Maaße aufzunehmen, um den oberirdischen Wasserverlust zu ersetzen. Somit vertrocknen die jungen Kiefern selbst bei reichlicher Bodenfeuchtigkeit.

Je größer nun der Unterschied zwischen Boden- und Lufttemperatur im direkten Sonnenlichte, desto häufiger und verheerender die Schütte. Je mehr dagegen Umstände eintreten, welche die Bodentemperatur erhöhen, wie warme Frühjahrsregen oder die stärkere Abkühlung vorher verhindern, wie lange liegenbleibende Schneedecke oder Streudeckung, desto weniger wird die Krankheit auftreten. Dasselbe wird stattfinden, wenn die Lufttemperatur und die Intensität des Sonnenlichtes vermindert wird, wie z. B. durch häufig bedeckten Himmel, Lage an Nordabhängen, unter dem Schutze von Oberholz, hohen Gräsern oder Sträuchern oder bei künstlicher Beschirmung der Saatbeete während des Tages.

Daß ältere Pflanzen von der Schütte nicht leiden, erklärt sich einmal aus dem stärker entwickelten Holzkörper, der für alle Pflanzen als Wasserreservoir anzusehen ist, zweitens aus dem reichlicher entwickelten, tiefer gehenden Wurzelkörper, welcher in der größeren Anzahl Faserwurzeln mehr Aufnahmeorgane besitzt.

Die Mittel gegen die Schütte ergeben sich daher von selbst:

A. Erhöhung der Bodentemperatur: 1. durch Verhütung einer zu starken Erkältung während des Winters mit Hülfe von Laub-, Reisig- oder Moosdecken; 2. bei nassem Boden durch Entwässerung; 3. bei festen Bodenarten durch Lockerung und Beimischung humusreicher Erde, wodurch die Luftwärme leichter eindringen kann.

B. Verminderung der Transpiration durch Beschattung: 1. durch Besteckung der Saatbeete mit Nadelholzzweigen, die auch an warmen Tagen nicht zu entfernen sind; 2. durch Anlage der Saatbeete an Stellen, welche auf der Mittagsseite Schutz durch Holzbestand haben.

„Bei den Kiefern-Verjüngungen im Großen wird das radikalste Mittel darin bestehen, von der ausgedehnten Kahlhiebwirthschaft wieder mehr zur Schlagwirthschaft zurückzukehren, damit die jungen Pflanzen durch Oberholz (mäßige Ueberschirmung) den nöthigen Schutz gegen das direkte Sonnenlicht erhalten, aber doch so viel Licht empfangen können, als zu ihrer kräftigen Entwicklung nöthig ist. Derselbe Zweck wird erreicht durch die von NO. nach SW. vorrückenden, schmalen Absäumungen, welche gegenwärtig bei den Verjüngungen der Kiefernbestände vielfach in Anwendung kommen. — Bei der Kultivirung ausgedehnter Blößen kann die nöthige Beschattung auch erzielt werden durch den Vorbau solcher Pflanzen, für deren Gedeihen der betreffende Standort günstig ist, z. B. von Birken ꝛc. oder durch vorausgehende Fichtenpflanzung.“

„In solchen Fällen, wo ein Vorbau aus lokalen Gründen nicht angeht, ist die Pflanzung der Saat vorzuziehen (einjährige Pflanzen mit gutem Wurzelsystem scheinen sich dazu am besten zu eignen), immerhin werden aber die beiden ersteren Kulturmethoden weit sicherer zum Ziele führen."

Schließlich wird noch zu betonen sein, daß alle Aufmerksamkeit auf Erreichung eines guten Wurzelkörpers zu richten ist; demnach sind zu dichte Saaten, schwerer, ungelockerter Boden, bedeutende Verletzungen bei dem Verpflanzen u. dergl. zu vermeiden.

Es läßt sich nicht verkennen, daß die Ebermayer'sche Erklärung dieser Frühjahrsschütte nur durch Wahrscheinlichkeitsgründe und nicht durch das Experiment gestützt ist. Daher ist leicht einzusehen, daß einzelne Forscher die Erscheinung dieser Art Schütte auf andere Ursachen zurückführen, und daß selbst diejenigen, welche im Wesentlichen die Ebermayer'sche Anschauung acceptiren, betreffs der Einzelheiten von einander abweichen. Am allgemeinsten dürfte unter den Anhängern der obigen Theorie die Anschauung verbreitet sein, daß die Nadel vertrocknet, weil sie mehr verdunstet, als sie durch die Wurzel zugeführt erhält. Gegen diese Ansicht hat sich Holzner[1]), dessen Arbeit durch ungemein reiches Literaturmaterial sich auszeichnet, mit dem Einwurf gewendet, daß die Verfärbung binnen 2 — 3 Tagen bei der Schütte eintritt, während bei dem Verdorren die Kiefernadeln nur allmählich roth werden. Auch erscheint es unerklärlich, weßwegen verpflanzte Exemplare weniger schütten, als gleichkräftige, nicht verpflanzte, obgleich Letztere mit ihren unverletzt gebliebenen Würzelchen gewiß leichter Wasser aufnehmen können, als verpflanzte Stämmchen. Endlich erfolgt, sagt Holzner, wie ich gesehen habe, das Wiederergrünen durchaus nicht immer von unten nach oben, wie es sein müßte, wenn dasselbe Folge neuer Zuleitung von Wasser wäre, sondern häufig so, daß irgend eine Stelle oder der obere Theil der Nadeln schon grün wird, während der untere Theil noch roth ist.

Aus diesen Gründen schließt sich der Beobachter der Ebermayer'schen Erklärung nicht an, sondern glaubt, daß die direkte Frostwirkung die Ursache der Frühjahrsschütte sei, zumal da auch ältere Kiefern (in der Regel nur bis zu einer gewissen Höhe) schütten und andrerseits grade die Kiefer im Sommer weniger dem Vertrocknen ausgesetzt ist, wie andere Nadelhölzer und deßhalb im Frühjahr dasselbe Verhalten zeigen müßte.

Meiner Meinung nach liegt in diesen Einwürfen kein Grund zum Abweis der Ebermayer'schen Anschauung, wenn man dieselbe dahin modificirt, daß das Abwerfen der Nadeln nicht eine Folge des Vertrocknens durch übermäßige Verdunstung, sondern in Folge einer Ernährungs-

[1]) Georg Holzner: Die Beobachtungen über die Schütte der Kiefer oder Föhre und die Winterfärbung immergrüner Gewächse. Freising 1877. Enthält Literaturnotizen von 145 Arbeiten über die Schütte.

Störung an der Nadelbasis durch die von Ebermayer hervorgehobenen Ursachen ist.

Für meine Ansicht spricht, daß die Region der späteren Trennungsschicht bei den meisten Blättern und Zweigen, zu denen ja die Nadelbüschel der Kiefern gezählt werden müssen, eine besonders empfindliche, leicht erregbare ist und daß diese Empfindlichkeit Veranlassung zur Entblätterung bei jedem plötzlichen, von einem Extrem zum andern springenden Wechsel eines Vegetationsfactors werden kann, während der allmähliche Uebergang meist ohne Schaden verläuft. Einige mir vorgekommene Beispiele sind der Nadelschütte ähnlich. Begonia fuchsioides, die den Winter über im sehr warmen Zimmer getrieben hatte, kam Ende März in eine ungeheizte, aber sonnigere Stube und warf binnen wenigen Tagen sämmtliche Blätter mit Ausnahme der jüngsten ab. Libonia floribunda, die bisher sehr kalt gestanden, kam plötzlich zum Treiben schon im Dezember in's Warmhaus, und die Exemplare warfen alle älteren Blätter, während bei den im Kalthause verbliebenen Pflanzen keine Entblätterung eintrat. Von einer gefüllten, weißen Fuchsie waren einzelne Exemplare im Herbst in's Zimmer genommen worden, um frühzeitig Triebe für Stecklinge zu erzielen; andere Exemplare derselben Varietät verblieben im Keller und trieben bis Anfang März. Zu dieser Zeit wurden die Spitzen sämmtlicher Pflanzen als Stecklinge in einen Kasten mit 25° Bodenwärme gebracht. Nach wenigen Tagen waren die aus dem Keller stammenden Stecklinge bis auf die Spitze entlaubt, während die andern noch nicht einmal das Blatt an der Schnittfläche abgestoßen hatten. Die Spitzen eines wenige Tage später von einer Kellerpflanze abgebrochenen Astes wurden ohne besondere Rücksicht im Keller in Sand gesteckt und zeigten sich im Mai bewurzelt, während die von der Kellerpflanze kommenden Zweigspitzen im warmen Kasten zu Grunde gegangen waren.

Dies sind allerdings nur gelegentlich, nebenbei notirte Beobachtungen. Indeß zeigen dieselben wenigstens, daß wir Beispiele von Entblätterung in Folge schnellen und schroffen Wechsels der Vegetationsbedingungen haben, wie sie von Ebermayer als Veranlassung der Schütte angegeben werden.

Wenn Pflanzen aus dem Ruhezustande bereits herauszutreten beginnen, wird ihre Empfindlichkeit eine größere werden, und da verpflanzte Exemplare in Folge des Verpflanzens später in Vegetation treten werden, so dürfte auch der Holzner unerklärlich erscheinende Fall bei den Kiefern ganz naturgemäß sich hinstellen, da die verpflanzten Exemplare durch die warmen Frühlingstage noch nicht zu so erhöhter Thätigkeit an der Basis ihrer Nadelbüschel gelangt sind, wie die nicht durch ein Verpflanzen gestörten Exemplare. Daß die Schütte in Folge von Frühjahrsfrösten auftritt, geht aus den Beobachtungen von Baudisch[1])

---

[1]) Centralbl. f. d. ges. Forstwesen VII, 1881, S. 362.

und Alers [1]) hervor. Ersterer hatte die Sämlinge durch übergelegtes Reisig auf 1 m entfernte Rahmen geschützt. Die gesund gebliebenen Pflanzen litten durch die Fröste im April. Letzterer bestätigt die von Baudisch gemachte Erfahrung und erklärt diese Frühjahrsschütte durch besondere Empfindkeit der Nadeln junger Kiefern gegen Frost.

So lange die Schüttekrankheit nicht künstlich experimentell erzeugt worden ist, sind wir auf das Feld der Hypothese verwiesen. Soweit das wissenschaftliche Material reicht, erscheint mir aber folgende Anschauung am besten begründet: In den der Frühlingssonne schutzlos exponirten Pflanzbeeten weckt die hohe Temperatur des Tages die Vegetationsthätigkeit in den oberirdischen Theilen. Das erwachende Leben äußert sich hauptsächlich in der Basalzone des Nadelbüschels, der Region der späteren Trennungsschicht, als dem erregbarsten Theile des ausgewachsenen Zweigchens. Der gefrorene Boden und die starke Abkühlung in den Nächten lassen eine normale Ernährung der geweckten Gewebepartie nicht eintreten, namentlich aber das dort mobilisirte Material nicht in die erst später zur assimilatorischen, energischen Thätigkeit erweckbare ältere Nadel abfließen, und die Nadel röthet sich und stirbt in Folge der Störung in der sie tragenden Achse, welche sich zur vorzeitigen Bildung einer Korkschicht anschickt und damit die Leitung in die Nadel aufhebt. Also nicht die Verdunstung ist die Veranlassung des Vertrocknens, sondern die Störung in der zur erhöhten Turgescenz angeregten Zweigbasis, und das Vertrocknen ist ein späterer, mechanischer Vorgang der durch die Störung an ihrer Basis von dem normalen Ernährungsstrom ausgeschalteten Nadel. Daß sich Trennungsschichten sehr schnell bilden können, werden wir bei den Zweigabsprüngen zu erwähnen haben; in Kelch- und Blumenblättern erfolgt eine solche Bildung bisweilen binnen wenigen Stunden.

Ganz dieselbe Erklärung paßt auch für die Fälle, in denen die Schütte den ersten Herbstfrösten zugeschrieben wird. [2]) Die assimilatorische Thätigkeit der Nadeln ist bereits sehr gesunken und demgemäß für starke Temperaturschwankungen unempfindlich. Wohl aber ist die parenchymreiche Basalzone der Zweigchen irritabel; in ihr ist die Herbstruhe noch nicht eingetreten; sie ist der Wasserzufuhr aus dem Achsenkörper darum noch zugänglich. Sie verwendet nun ihr organisches Material zur Bildung der Korkzone und die gesteigerte Wasserzufuhr zu erhöhter Turgescenz, welche die Trennung der Zellen in der Trennungsschicht erleichtert.

Da zu dieser Störung dieselben Ursachen Veranlassung geben, welche Eber-

[1]) ibid. VIII, 1882, S. 159.

[2]) Alers in Centralbl. f. d. gesammte Forstwesen von Hempel 1878, S. 132. — Nördlinger: ibid. S. 389. — Dommes u. A. im Jahrb. d. schles. Forstvereins für 1878. S. 40 ff.

mayer als Veranlassung der Schütte anführt, so bleiben die Vermeidung dieser Umstände und die Befolgung der sonst von diesem Forscher gegebenen Vorschriften die empfehlenswerthesten Mittel. Daß nicht ein Vertrocknen der Nadeln in Folge übermäßig gesteigerter Verdunstung die Veranlassung zu Verfärbung und Nadelfall darstellt, möchte ich aus der absolut geringen Wasserabgabe der Kiefer im Winter entnehmen. Ein Wasserkulturversuch mit einjährigen Sämlingen zeigte mir, daß eine Kiefer am 17. November ihre Verdunstung einstellte, trotzdem noch Tage mit + 3, 4, 7, 9° C. folgten; sie verdunstete bis zum 22. Dezember nicht ein einziges Gramm Wasser mehr, obgleich die Wurzel in Wasser stand [1]). Es ist also kaum anzunehmen, daß die Frühjahrstemperatur in einigen Tagen einen großen Wasserverlust anregen sollte, zumal die Kiefer [2]) eine der am geringsten verdunstenden Baumarten ist.

Frostschütte älterer Bäume.

Es ist gar nicht in Abrede zu stellen, daß Kiefernpflanzungen auch durch die Frostwirkung direkt verletzt werden können und in Folge dessen ihre Nadeln abwerfen. Die tödtlich wirkende Temperaturerniedrigung kann auch hier an einzelnen Lokalitäten, die zur Ansammlung der kältesten, schwersten Luftschichten und zu besonderer Abkühlung durch Strahlung vorzugsweise geeignet sind, gebunden sein. Es können auch hierbei junge Triebe oder junge Exemplare besonders leiden, da nach Holzner [3]) die Epidermiszellen der Nadeln zweijähriger Pflanzen nur halb so dick sind, als die älterer Nadeln; allein es ist nicht anzunehmen, daß die absolut geringen Kältegrade der April- und Maitage die Nadeln tödten können. Solche tödtliche Temperaturen werden im Herbst und Winter wohl möglich sein und die frosttodte Nadel hängt bis zum Frühjahr am Baume, bis sich endlich die abtrennende Korkzone bildet. Darin liegt ein wesentlicher Unterschied von der vorbeschriebenen Schädigung, bei welcher die Pflanzen bis zum Frühjahr grün geblieben waren. Bei dem normalen Abwurf bildet sich die Korkschicht, wenn die Nadel aus Assimilationsschwäche zu vergilben anfängt; nach eingetretenem gänzlichen Absterben fallen endlich die Zweigchen ab; dies gilt sowohl für die zweinadeligen Zweige von Pinus silvestris und Laricio, als auch für die fünfnadeligen, gestreckteren bei Pinus Strobus. [4])

---

[1]) Sorauer: Studien über Verdunstung. Forschungen auf d. Gebiete der Agrikultur-Physik, Bd. III, Heft 4/5, S. 10.

[2]) Höhnel: ibid. Bd II, S. 411.

[3]) a. a. O.

[4]) v. Höhnel: Ueber den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse ꝛc. Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs von v. Seckendorff, Heft III, Wien 1878, S. 258.

Absprünge und andere Ablösungserscheinungen.

Als „Absprünge" werden diejenigen kleinen Zweige bezeichnet, welche sich durch einen organischen Prozeß meist sammt ihrer ausgebildeten Belaubung von ihrer Mutterachse abgliedern. Die Abgliederung erfolgt vorzugsweise im Herbst; doch liegen auch Beobachtungen von einem Abwerfen von Zweigen im Sommer (Juli) vor, und wir haben grade ebenso wie bei der Schütte verschiedene Ursachen für dasselbe Phänomen zu berücksichtigen. Nicht alle Gehölze zeigen diese Eigenthümlichkeit, und diejenigen, bei denen sie auftritt, werfen nicht alle Jahre[1]) und nicht in allen Exemplaren. Junge, kräftige Bäume zeigen manchmal keine Absprünge, während ältere oder auf magerem Boden stehende Exemplare im Herbst den Boden unter sich mit ihren Zweigen bedecken.

Das bekannteste Beispiel liefern die Pappeln,[2]) deren oft meterlange Zweige, mit ihrer gelenkkopfartigen, angeschwollenen, halbkugeligen, hervorgewölbten, glatten, bei feuchter Witterung sammetartig schillernden Bruchflächen am deutlichsten auch zeigen, daß der Zweig nicht durch gewaltsames Zerreißen seiner Elemente, sondern durch eine von organischen Vorgängen im Innern vorbereitete Lösung gewisser Gewebezonen erfolgt.

Neben den Pappeln werden vorzugsweise die Absprünge der Eichen[3]) erwähnt; bei den Fichten kommen neben den häufig zu findenden, von den Eichhörnchen abgebissenen Zweigen[4]) (Abbisse) wirkliche Absprünge wahrscheinlich nicht vor.

Beobachtet ist ferner noch eine Ablösung der Zweige (Phyllocladien) bei Xylophylla und Phyllocladus[5]), bei allen Dammara-Arten, vorzüglich schön nach A. Braun bei Dammara australis, bei mehreren Podocarpus-Arten, bei Guajaceen, Piperaceen, vielen strauchartigen Acanthaceen, bei Laurus Camphora, Crassula arborescens, Portulacaria afra, Taxodium distichum[6]), bei Tilia[5]), bei Ulmus pendula, Evonymus, Prunus Padus, Erica, Salix u. s. w.[6])

---

[1]) Borkhausen: Forstbotanik I, S. 294.

[2]) K. Müller Hal.: Der Pflanzenstaat, S. 532, giebt eine Abbildung davon.

[3]) Th. Hartig: Naturgeschichte der forstl. Kulturpflanzen, S. 119.
Pfeil: Deutsche Holzzucht, 1860, S. 136.
Wigand: Der Baum, 1854, S. 67.
Schacht: Der Baum, 1853, S. 305, Lehrbuch d. Anatomie 2c., 1859, II, 19.

[4]) Ratzeburg: Waldverderbniß, I, 1866, S. 219, (Tafel 28, Fig. 3); s. dagegen Beling und ferner Roth (Ueber Absprünge bei Fichten), Bot. Jahresbericht von Just, II, S. 968, 971 und v. Höhnel: Bot. Jahresb. VI.
Gonnermann: Ueber die Abbisse der Tannen und Fichten. Bot. Zeit. von Mohl und Schlechtendal, 1865, Nr. 34.
Röse: Bot. Z. 1865, Nr. 41.

[5]) Mohl: Ueber den Ablösungsprozeß saftiger Pflanzenorgane. Bot. Zeit 1860, S. 274 u. 275.

[6]) Röse: Ueber die „Absprünge" der Bäume. Bot. Zeit. 1865, S. 109 (Nr. 14).

Diesen Absprüngen verdanken die Bäume theilweis ihren charakteristischen Habitus. Linde und Robinie z. B., welche nur junge Terminaltriebe abwerfen, haben eine fächerige, schirmartige Ausbreitung ihrer Aeste, während durch die Abgliederung der Seitenzweige bei Weide, Pappel, Taxodium der ruthenförmig kahle Astbau bedingt wird. Der knorrig-geknickte Wuchs der Eiche entsteht durch Abwerfen von Terminal- und Lateraltrieben. Man hat diese Absprünge als Anzeichen guter Samenjahre angesehen und gemeint, der Baum (z. B. Eiche) werfe einen Theil der überreich gebildeten Blüthenknospen ab, um den andern eine desto kräftigere Ausbildung gewähren zu können. Diese teleologische Erklärungsweise ist natürlich in neuerer Zeit fallen gelassen worden.[1]) Ebenso wenig dürfte die Vermuthung Ratzeburg's[2]) Anhänger finden, der in den Absprüngen ein Zeichen von Altersschwäche vermuthet; dagegen ist zuzugeben, daß Standort, Alter des Baumes und namentlich gewisse klimatische Einflüsse, wie wir später erörtern wollen, von maßgebender Bedeutung sind. In letzterer Beziehung hebt Röse hervor, daß bei anhaltender Dürre die Absprünge häufiger sind; er macht auch darauf aufmerksam, daß in der Mehrzahl der Fälle Seitentriebe abgeworfen werden, daß aber bei manchen Pflanzen auch die Gipfeltriebe abgegliedert werden, und dieser letztere Fall wird am häufigsten bei jungen, in fruchtbarem Boden erwachsenen Bäumen beobachtet; ja bei sehr üppigem Wachsthum kann sich die Spitzenabgliederung sogar in einem und demselben Jahre wiederholen. Mohl a. a. O. 1860, S. 274, sah bei jungen Linden und Eichen die durch Abwerfen der Spitze zur scheinbaren Terminalknospe gewordene oberste Seitenknospe in demselben Jahre des Abwerfens weiter wachsen; der daraus entwickelte Zweig zeigte an seiner Spitze dieselbe Erscheinung, so daß der gesammte Jahrestrieb ein aus 3 Achsen verschiedener Ordnung zusammengesetztes Sympodium bildete.

Dieser Fall, der mir noch nicht zur Beobachtung vorgekommen ist, und den auch Nördlinger[3]) als natürlichen Akt nicht kennt, ist sicherlich ein seltner, nur an ganz bestimmte Standorts- und Witterungsverhältnisse gebundener Vorgang. In der Mehrzahl der Fälle sind die Absprünge aus Seitenknospen und Adventivknospen hervorgegangene Zweige, die sich meist nur zu Kurztrieben entwickelt haben. Langtriebe werden reichlich bei Pappel, Weide, Taxodium distichum und theilweis auch bei Eichen angetroffen. Bei Eichen und Pappeln

[1]) vergl. Ratzeburg: Waldverderbniß, I, S. 218. — Werneburg: „Ueber Absprünge der Laubholzbäume, insbesondere der Eichen." Forstl. Blätter von Grunert und Leo 1875, cit. in Bot. Jahresb., Bd. III, S. 952.

[2]) a. a. O., Bd. II, S. 142, Anmerkung. Dabei sagt aber Verf. selbst, daß er im Forstgarten zu Neustadt unter den etwa 40jährigen, nordamerikanischen Eichen keine Absprünge gefunden habe, „wohl aber unter den mit jenen gemischten, auch nicht älteren, heimischen, schon einzeln".

[3]) Nördlinger: Deutsche Forstbotanik 1874, I, S. 199.

findet man auch am häufigsten das Abwerfen älterer (bis 6jähriger) Aeste, das seltener auch bei Weiden, bei Prunus Padus und Evonymus europaeus vorkommt; bei den übrigen sind es meist einjährige und zwar vorherrschend schwachwüchsige Zweige, die sich abgliedern.

Nach Röse, der sich auf Braun's Mittheilungen stützt, gliedern sich die Zweige entweder an ihrer äußersten Basis ab (Crassula, Portulaccaria, Taxodium zum kleineren Theile), oder aber über einen der untersten, ganz verkürzt gebliebenen Internodien (Salix, Prunus Padus, Evonymus und zum größeren Theile auch Taxodium).

Man erkennt diesen letzteren Fall daran, daß an der Ablösungsnarbe des stehenbleibenden Theiles kleine, schuppenförmige Vorblätter (Taxodium) zurückbleiben, in deren Achseln sich bisweilen Knospen entwickeln. Knospen ohne noch vorhandene Vorblätter finden sich am innern Rande der Absprungsnarbe bei Salix, Evonymus, Prunus Padus.

Aus dem Umstande, daß das Abwerfen der Zweige nicht gleichmäßig bei allen Individuen derselben Art stattfindet, ersehen wir, daß die Absprünge in die Reihe der pathologischen Erscheinungen zu ziehen sind. Ueber die Ursachen dieser Erscheinung sind aber bei dem jetzigen Stande der Untersuchungen nur Hypothesen gestattet, da es noch an experimentellen Ergebnissen betreffs der Bedingungen des Abwerfens von Zweigen fehlt.

Betrachten wir, um einen allgemeinen Ueberblick zu erlangen, den gesammten, normalen Abgliederungsprozeß, dann zeigt sich bei den verschiedenen, vom Pflanzenkörper abgestoßenen Gliedern eine große Uebereinstimmung in der Art und Weise des Abstoßens. Der häufigste Prozeß, das

Abwerfen der Blätter,

erfolgt dadurch, daß sich an der Basis des Blattstiels, in der Regel noch innerhalb des Blattkissens, und zwar meist dort, wo der Kork der Rinde in die Epidermis des Blattstiels übergeht, im Innern des Blattstielgewebes durch neu auftretende Zelltheilung eine quer durchgehende Parenchymschicht ausbildet, deren Zellen in einer Ebene von einander weichen.

Mohl[1]) nennt diese Zone, in welcher sich die Trennungsschicht bildet, die „rundzellige Schicht," weil sie aus sehr kurzem, parenchymatischem Gewebe besteht, das nach dem Blattkörper hin allmählich in die langgestreckten Zellen des Blattstiels übergeht, nach der Rinde der Zweiges hin aber scharf abgegrenzt ist.

In sehr vielen Fällen ist die grüne, chlorophyll- und stärkereiche Rinde des Zweiges von diesem kurzen, meist stärkelosen, chlorophyllarmen, an der Basis zur Zeit des Blattfalls sich bräunenden Parenchym der rundzelligen Schicht des

[1]) v. Mohl: Ueber die anatomischen Veränderungen des Blattgelenkes, welche das Abfallen der Blätter herbeiführen. Bot. Zeit. 1860, Nr. 1 u. 2.

Blattkissens durch eine aus tafelförmigen Zellen gebildete Korkschicht getrennt. Diese Korkplatte, welche an den Seiten in die innern Korkschichten der Zweigbekleidung übergeht, ist von Schacht[1]) als die Ursache der Abgliederung der Blätter angesehen worden. In der That kann man vermuthen, daß, wenn sich eine Korkplatte zwischen das Gewebe der Rinde und das des Blattstiels einschiebt, das Blatt in seiner Nährstoffzufuhr verarmt und allmählich zu Grunde geht. Dennoch ist diese Korkschicht nicht die Veranlassung zum Blattfall; denn v. Mohl hat gezeigt, daß sie bei vielen Pflanzen mit abfallendem Laube sich gar nicht bildet. So z. B. ist keine Korkschicht zu finden bei den Farnkräutern mit abfallendem Laube (Polypodium, Davallia), bei Gingko biloba, Fagus silvatica, einigen Quercus-Arten, Ulmus campestris, Morus alba, Ficus Carica, Aristolochia Sipho, Fraxinus excelsior, Syringa vulgaris, Atropa Belladonna, Catalpa syringaefolia, Paulownia imperialis, Staphylea pinnata, Liriodendron tulipifera, Rhus typhinum, Cercis canadensis etc. Dagegen bildet sich die Korklage bei Populus canadensis und dilatata, Alnus glutinosa, Juglans nigra, Daphne Mezereum, Sambucus racemosa, Viburnum Lantana, Lonicera alpigena, Vitis vinifera, Ampelopsis quinquefolia, Aesculus macrostachya, Pavia rubra und lutea, Acer platanoides, Rhus Cotinus, Rubus odoratus, Prunus Padus, Robinia Pseudacacia, Cytisus alpinus, Paeonia Moutan. Die Korkschicht ist also nur als eine Schutzschicht des durch den Blattfall bloßgelegten Rindengewebes zu betrachten, die sich häufig schon ausbildet, bevor das Blatt abgefallen ist.

Die eigentliche Trennungsschicht bildet sich über der Korklage in dem fast isodiametrischen Parenchym der rundzelligen Schicht und zwar auch noch nicht in dem direkt an den Kork grenzenden, braunwandigen, sondern in dem auf diesen folgenden, hellwandigen, gesunden Theile. Dort zeigt sich kurz vor dem Blattfall eine quer vor dem Auge nach der Außenseite des Blattstiels verlaufende Zone jugendlicher, zartwandiger Zellen mit weniger lufthaltigen Intercellularräumen und kleinen, sonst im Blattstielwulste nicht vorkommenden Stärkekörnern. In dieser neugebildeten Gewebezone weichen die Zellen derselben, ohne zu zerreißen, lediglich durch (auf einen verstärkten Turgor hindeutende) Abrundung, wie vor Mohl schon Inmann[2]) beobachtet, auseinander. Ein Theil verbleibt dem abknickenden Blattstiel, ein anderer der Blattnarbe, an welcher er bald vertrocknet. Der Blattfall ist also ein vitaler und kein mechanischer Akt. An den Veränderungen, welche das Zellgewebe des Blattstielwulstes erfährt, nehmen die Gefäßbündel vor dem Abfallen des Blattes gar keinen Antheil. Diese laufen, ohne ihre Organisation zu ändern, ja ohne sich zunächst braun zu färben, durch die rundzellige Schicht und die Korklage hindurch. Der Bruch

---

[1]) Schacht: Anatomie und Physiologie, II, 136.
[2]) Bot. Zeit. 1850, S. 198.

derselben tritt, nachdem der Riß durch das parenchymatische Gewebe erfolgt ist, auf rein mechanische Weise ein.

Die freien Gefäßbündelendigungen der Blattnarbe trocknen alsbald soweit zurück, als das auf der Blattnarbe stehen gebliebene Parenchym zusammentrocknet und verwittert. Im folgenden Jahre zeigt sich die Korkschicht, die ursprünglich von den in das Blatt abgehenden Bündeln durchbrochen war, gleichmäßig über dieselben ausgebreitet. Wahrscheinlich ist in dem gesunden Theile dieser Bündel durch Thyllenbildung in den Gefäßen und Ausbildung von Korkzellen in den Thyllen die Korklage zu einem geschlossenen Ganzen vervollständigt worden. Die auf diese Weise gleichmäßig gewordene, in den Kork der Zweigoberfläche übergehende Korklage verdickt sich, drängt den abgestorbenen Theil der Blattnarbe immer mehr von dem gesunden Theile ab, wird selbst allmählich rissig, wie der übrige Rindenkork und verwischt auf diese Weise in den folgenden Jahren die Spuren der Blattnarbe an der Außenseite des Zweiges. Die Stumpfen der ehemaligen Blattgefäßbündel werden von dem Holzringe der spätern Jahre überwallt und auf diese Weise ein geschlossener Holzcylinder hergestellt, der nur durch den in der ehemaligen Blattachsel gebildeten Knospencylinder durchbrochen wird.

Bei manchen Pflanzen (Nuphar, vielen Monocotyledonen, krautartigen Farnkräutern,[1]) kommt keine Korkbildung an der Blattnarbe vor; dann gehen die äußeren, vertrockneten Zellschichten der Blattnarbe unmittelbar in das gesunde Rindenparenchym über und werden durch Weiterentwicklung desselben ebenfalls abgestoßen.

Um Wiederholungen zu vermeiden, verweisen wir hier auf die bei der Wundheilung eingehender erwähnte Abhandlung von v. Bretfeld,[2]) welcher zu dem Resultate kommt, daß der Ablösungsvorgang der Blattorgane bei den Mono- und Dicotyledonen derselbe ist; nur der Schluß der Ablösungsfläche ist bei verschiedenen Gattungen ein verschiedener. Ein wesentlicher Unterschied besteht aber in der Zeit der Bildung der Gewebezone, in welcher die Trennungsschicht erfolgt. Während bei den Dicotylen der Ablösungsprozeß das Produkt einer kurz vor dem Abfall eintretenden Lebensthätigkeit ist, zeigt sich dieser Prozeß bei den baumartigen Monocotyledonen, Orchideen und Aroideen als ein, durch Anlage einer bestimmten Schicht vorbereiteter, mit der allgemeinen Gewebedifferenzirung fortschreitender Akt. Auch der

Ablösungsprozeß der Blüthenorgane

erfolgt in derselben Weise wie der der Laubblätter.[3]) Die zusammengesetzte Achse des Blüthenstandes bei Aesculus und Pavia zergliedert sich bekannt-

[1]) Mohl: Ueber den Vernarbungsprozeß bei der Pflanze. Bot. Zeit. 1849, S. 645.

[2]) v. Bretfeld: Vernarbung und Blattfall. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot., XII, S. 133.

[3]) Hugo von Mohl: Ueber den Ablösungsprozeß saftiger Pflanzenorgane. Bot. Zeit. 1860, S. 273.

lich in ihre einzelnen Theile, die mit glatter Bruchfläche auseinander weichen; ebenso lösen sich oft, wenn viele Früchte angesetzt werden, eine Menge halberwachsener Früchte in einem Gelenke ab, welches sich im Fruchtstielchen befindet Die männlichen Blumen der Cucurbitaceen lösen sich in einer Trennungsschicht ab, welche sich an der Grenze zwischen Blüthenstiel und Blüthe bildet und die von Ricinus communis in einer Trennungslinie, welche in einem, im unteren Theile des Blüthenstieles liegenden Gelenke entsteht. Die unbefruchtet gebliebenen, hermaphroditen Blumen von Hemerocallis fulva und flava lösen sich in einer Trennungsschicht, die unter der Basis der Blüthe durch den oberen Theil des Blüthenstiels verläuft. Die Zellen der Trennungsschicht runden sich ab und weichen auseinander.

Auf gleiche Weise zeigt sich eine deutlich ausgebildete Trennungsschicht zur Zeit des Abfallens bei den Kelchblättern von Papaver somniferum, Liriodendron tulipifera, bei dem abfallenden Theile des Kelches von Mirabilis Jalapa. Datura Stramonium, bei den Blumenblättern von Rosa canina, Papaver, der einblättrigen Bluthenkrone von Lonicera Caprifolium, Rhododendron ponticum, Datura Stramonium, bei den Staubfäden von Lilium bulbiferum und Martagon, Dictamnus Fraxinella, Liriodendron, bei dem Griffel von Lonicera Caprifolium, Mirabilis Jalapa und Lilium Martagon.

In den meisten Fällen enthalten hier die Zellen der Trennungsschicht keine oder wenigstens nicht mehr Stärke, als die Umgebung, während bei den Laubblättern und bei den derben Kelch- und Blumenblättern von Liriodendron reichlich Stärke vorhanden ist. Dieses Fehlen der Reservenahrung erklärt sich durch die schnelle Bildung der Trennungsschicht bei den Blüthen, für die das augenblicklich bewegliche Nährstoffmaterial ausreicht. Bei den Kelchblättern von Papaver somniferum entsteht die Trennungsschicht in einer einzigen Nacht, bei den Blumenblättern nicht gefüllter Rosen in den Nachmittagsstunden. Während bei den Laubblättern in der Trennungsschicht noch eine Zellvermehrung einzutreten scheint, findet diese bei den Blumenblättern wohl kaum statt, sondern es bestehen die hier sichtbaren Vorgänge nur im Auftreten einer reichlicheren Menge von Protoplasma, in Lockerung und gegenseitiger Trennung unter Abrundung und bisweilen schlauchartiger Vergrößerung der Zellen, wodurch die Trennungsfläche das sammetartige Ansehen erhält. Wir kehren jetzt zu dem

Ablösen von Zweigen

zurück, das auch schon mitten im Sommer, bisweilen selbst im Juni erfolgen kann. Gymnocladus, Catalpa bignonioides, Gleditschia, Tilia und besonders Ailantus glandulosa zeigen die gleiche Bildung einer Trennungsschicht und das Auseinanderweichen der Zellen derselben, wie die Blätter. Bei den jungen Trieben von Ailantus läßt sich auch beobachten, daß an der Bildung der Trennungsschicht neben dem Parenchym auch die noch nicht verholzten Zellen

der Gefäßbündel sich betheiligen. Kork ist um diese Zeit weder in der Nähe der Ablösungsstelle, noch an der Oberfläche der Zweigrinde entwickelt, wodurch wir wiederum bestätigt sehen, daß der Ablösungsprozeß nicht auf der Bildung einer Korkschicht beruht; diese ist nur als eine bald sehr früh (vor der Ablösung), bald später auftretende Schutzschicht des freigelegten, parenchymatischen Gewebes zu betrachten.

Die ausgedehntesten, neueren Untersuchungen über die Zweigabsprünge verdanken wir v. Höhnel[1]), der besonders auch Coniferen in den Kreis seiner Studien gezogen hat und dabei zu dem Schlusse kommt, daß man bei den Nadelhölzern nicht von Zweigabsprüngen reden darf, sobald man darunter das Abwerfen lebendiger und saftiger Zweige versteht. Bei den Coniferen stirbt nämlich der abzuwerfende Zweig zuerst am Stamme ab und wird gelb oder braun; erst nachdem er schon todt ist, wird er auf gesetzmäßige Weise und immer durch Vermittlung einer Korkschicht abgeworfen, wobei der Holzkörper an einer bestimmten Stelle bricht. Die Zweigabsprünge der Laubhölzer werden im lebenden und saftigen Zustande durch Vermittlung einer den dicken Holzkörper quer durchsetzenden Parenchymzone ohne Mithülfe einer Korkschicht abgeworfen. Wir sehen diesen Unterschied nicht für wesentlich an und halten daran fest, daß im Allgemeinen der Ablösungsvorgang bei Coniferen und Dicotyledonen derselbe ist. Wir glauben, daß alle Organe, welche einmal abgestoßen werden, erst dann abstoßungsreif sind, wenn in ihnen der Assimilationsprozeß soweit herabgesunken, daß sie keine Stoffanziehungscentren mehr bilden. Das aus dem ersten Jugendzustande herausgetretene Organ erhält seine Stoffzufuhr im Wesentlichen dadurch, daß seine kräftig funktionirenden Gewebe die für ihren weiteren Auf- und Ausbau nöthigen Rohmaterialien aus der Achse heranziehen und nicht dadurch, daß diese etwa nur durch den Wurzeldruck oder andere Einrichtungen zu den arbeitenden Geweben hingedrängt werden. Das eclatanteste Beispiel dürfte der Fruchtknoten sein, der durch den Befruchtungsreiz erst zum dauernden Anziehungscentrum wird und ohne denselben sich bei den meisten Pflanzen nur noch sehr wenig weiter bildet und früh abfällt. Es ist also auch in den sich später ablösenden Zweigen das Erlöschen der Thätigkeit die Vorbedingung für das Abwerfen, das durch Eintritt eines zweiten, später zu erwähnenden Factors perfekt wird. Wenn somit auch bei den saftige Zweige abwerfenden Dicotyledonen angenommen werden muß, daß diese Zweige trotz ihrer Saftigkeit nicht mehr assimilationsthätig sind, so erstreckt sich der ganze Unterschied zwischen ihnen und den Abwürfen der Coniferen darauf,

---

[1]) von Höhnel: Ueber den Ablösungsvorgang der Zweige einiger Holzgewächse und seine anatomischen Ursachen. Mittheilungen aus dem forstlichen Versuchswesen Oesterreichs von v. Seckendorff, III, 1878, S. 255.

Weitere Untersuchungen über den Ablösungsvorgang von verholzten Zweigen. Botanisches Centralbl. 1880, S. 177.

daß diese Letzteren länger, nämlich bis zum Abtrocknen, an der Mutterachse bleiben.

Das Alter der normalen Abwürfe ist sehr verschieden. Bei Taxodium sind sie immer einjährig, bei Pinus Strobus immer dreijährig, bei Pinus Laricio 2—7jährig, bei Pinus silvestris 2—6jährig, bei den Zweigen von Thuja occidentalis 3—11jährig. Daß Fichte und Tanne keine Absprünge machen, ist bereits anfangs erwähnt worden.

Auch bei Thuja occidentalis, die wir nach v. Höhnel's Arbeit als Beispiel eingehender besprechen wollen, sind die gelben Zweige immerhin noch ziemlich saftreich im Augenblick des Abwurfs. Diese Pflanze zeigt im Herbst und Winter viele abgeworfene Zweige mit 3—7 Jahresringen; dieselben sind ganz am Grunde abgebrochen, so daß auf der Mutterachse nur ein kleiner Höcker zurückbleibt, der zum erstgebildeten Blattpaare des abgeworfenen Zweiges gehört. Dieses Blattpaar ist vom Rücken her zusammengedrückt, während das nächst höhere, zweite Blattpaar von den Seiten aus zusammengepreßt ist. Aus den Achseln der seitlich zusammengedrückten Blätter entwickeln sich die meisten Seitenzweige, und in Folge dessen entsteht die fiederartige, in einer Ebene liegende Verzweigung. Die Abtrennung der Zweige geschieht nun immer unterhalb dieses zweiten Blattpaares, so daß von jedem Zweige am Muttersproß das erste Blattpaar stehen bleibt, dessen Achselknospe einen in zwei starke Verzweigungen ausgehenden Sproß bildet. Die Blätter der Lebensbäume beginnen im vierten Jahre zu vertrocknen; im sechsten werden sie durch eine mehrschichtige, unter der Epidermis entstehende, dünnwandige Korklage abgeworfen.

Die Ansatzstelle der Zweige zeigt nun eine knollige oder zwiebelige Verdickung, welche durch eine Ringfurche, die schmal und tief einschneidet, in eine obere und untere Parthie zerfällt. Diese bei allen beblätterten Zweigen vorhandene Ringfurche entspricht der Basis des zweiten Blattpaares, unterhalb welcher die von dem ersten Blattpaare stammenden Sprosse entspringen. Die zwiebelige Anschwellung der Zweigbasis kommt nun auf Rechnung des primären und äußeren secundären Rindenparenchyms; denn der **Holzkörper** ist grade an dieser späteren **Abschnürungsstelle bedeutend schwächer entwickelt**, als über und unter derselben. An einem Punkte, nämlich der späteren Bruchstelle, ist derselbe namentlich stark eingeschnürt und ist nur einhalb- bis zweidrittelmal so dick, als eine kurze Strecke weiter nach oben. Die Zellen des Rindenparenchyms vergrößern sich stark, namentlich in radialer Richtung, wodurch ein lockeres Gewebe entsteht, in welchem die durch das sich vergrößernde Bastparenchym auseinandergerückten, einzelstehenden Bastfasern eingelagert sind. Es kommt hinzu, daß die Bastfasern und Tracheïden des Holzkörpers an der Ablösungsstelle auffallend kürzer sind, als oberhalb derselben. Bei den Tracheïden gesellt sich zur Kürze auch noch der Umstand, daß sie an der Trennungsstelle dickwandiger und anscheinend stärker verholzt sind, wodurch an dieser Stelle

eine gewisse Sprödigkeit des Zweiges erzeugt wird. Man sieht, wie mannigfach die Vorbereitungen zur Erleichterung des Abtrennungsprozesses sind, der thatsächlich dann eintritt, wenn eine dünne Korkschicht gebildet wird. Diese legt sich gewöhnlich unterhalb des Ringeinschnittes außen an den Peridermmantel an, geht quer durch den ganzen Rindenkörper und berührt innen unmittelbar den Holzkörper. Die von der Korklamelle getroffenen Bastfasern sterben bald ab; der Holzkörper folgt, von außen beginnend, nach, indem sich die Tracheïden mit einer gelben Masse füllen.

Der schon vorher im Absterben begriffene Zweig fängt nun an, von der Korkfläche aus zu vertrocknen, wodurch sich der Rindenkörper zusammenzieht und theilweis einreißt, was das Austrocknen des Holzkörpers an dieser Stelle beschleunigen muß, so daß derselbe bei geringem Druck glatt abbricht.

Wenn jüngere Zweige (dreijährige) abgeworfen werden, zeigt sich oft der Rindenkörper kaum angeschwollen und der Holzkörper wenig eingeschnürt; sonst ist aber der Vorgang derselbe, wie der oben von den 6—7jährigen Zweigen beschriebene.

Für die von uns am Schlusse des Abschnittes versuchte Erklärung der sämmtlichen Abwerfungserscheinungen ist der Vergleich von Wichtigkeit, der sich nach Höhnel's Untersuchungen zwischen der beschriebenen Thuja occidentalis und der keinen regelmäßigen Abwurf zeigenden Th. orientalis anstellen läßt. Bei letzterer Pflanze bleiben die durch das fortschreitende, peripherische Wachsthum der Baumkrone allmählich immer mehr nach innen rückenden und daher endlich aus Lichtmangel sterbenden Zweige lange Zeit vertrocknet stehen. Dennoch sind auch bei dieser Art die Holz- und Bastelemente am Zweiggrunde kürzer, als in der Zweigmitte; der Ringeinschnitt an der Basis des zweiten Blattpaares ist auch vorhanden und es entsteht auch eine Korklage, die hier meist von dem Ringeinschnitte ausgeht. Aber es fehlt bei Th. orientalis das Zweigkissen. Diese massige Parenchymentwicklung, welche anstatt der im übrigen Zweigtheil vorherrschenden stärkeren Holz- und Bastentwicklung die Festigkeit des Zweiges erhält, erscheint somit als Hauptsache bei den Zweigabsprüngen, grade so wie die angeschwollene Blattstielbasis während ihrer Turgescenz die Stütze des Gefäßbündels bildet und dann bei ihrem Einreißen und Eintrocknen zum Abbrechen des Gefäßbündels die stärkste Veranlassung geben wird.

Bei Taxodium distichum konnte Höhnel zwar eine zwiebelartige Anschwellung nicht entdecken, wohl aber eine geringe Rindenlockerung über der Einschnürungsstelle. Hier fallen die verschiedenen Zweige auch in verschiedener Weise ab. Die im ersten Jahre sich am Haupttriebe entwickelnden Seitenzweige fallen im Herbst vom Grunde aus ab; die erst im zweiten Jahre aus andern Blattachseln sich entwickelnden Zweige fallen aber zwischen dem dritten und fünften der kleinen schuppenartigen Vorblätter ab, so daß wiederum einige Internodien stehen bleiben.

Bei Ampelopsis quinquefolia und bipinnata sah Meehan[1]) einen ganz ähnlichen Vorgang mit den diesjährig gebildeten Zweigen, bei denen auch das basale Internodium stehen bleibt und im nächsten Jahr neue Triebe bringt, welche sich bei Eintritt kalter Witterung wiederum derartig abgliedern können. Daß in naßkalten Herbsten auch die einzelnen Internodien der Zweige auseinanderbrechen, ist mehrfach beobachtet worden. Bei einzelnen Varietäten von Vitis vinifera (Gutedel) sah ich im feuchten Warmhause auch die Blattfläche sich von der angeschwollenen Blattstielspitze lösen.

Bei Quercus Cerris, die als weiteres Beispiel für den Ablösungsprozeß gewählt werden soll, erfolgt die Abgliederung wie bei den andern Dicotylen nicht an der schwächsten Stelle des Holzkörpers, sondern da, wo dieser am mächtigsten ist. Die Abtrennung erfolgt unmittelbar über der Einfügungsstelle an der Basis der untersten Schuppenblätter, denen leichte Ringfurchen der Rinde entsprechen. In den Ringfurchen reißt später die Rinde, die aber an der Trennungsstelle viel dicker und fester erscheint; daraus ist zu schließen, daß hier die Rinde nicht die Veranlassung zum Trennungsvorgang abgeben wird. Thatsächlich liegt diese Veranlassung auch im Holzkörper begründet, an welchem man schon mit bloßem Auge an der Stelle, an welcher voraussichtlich der Abgliederungsprozeß erfolgen wird, eine weißliche, etwa 1 mm breite Gewebezone bemerken kann, welche den ganzen Holzkörper quer durchsetzt und Mark und Rinde mit einander verbindet. Die Trennungszone im Holzkörper besteht fast ganz aus parenchymatischen, unverholzten Zellen; nur die Spiralgefäße und die spärlichen Holzfasern, welche die Parenchymmasse in Strängen durchziehen, färben sich violett mit Salzsäure, was als Zeichen der Verholzung der Membran anzusehen ist. Die Gefäße sind hier enger und weniger zahlreich, und die sonst sehr spärliche Thyllenbildung ist, namentlich in den größeren Gefäßen, in der Trennungszone reichlich vorhanden. Da diese Trennungszone schon vorher angelegt wird, so ist auch erklärlich, daß gewaltsam abgerissene Zweige leicht grade in dieser Zone sich lösen.

Wichtig wiederum für unsere Anschauung ist die Beobachtung Höhnel's, daß die Trennungszone sich in den einzelnen Zweigen in sehr verschiedener Ausbildung vorfindet, indem die Zahl der verholzten Elemente oft größer ist und deßhalb auch nicht alle Zweige abgeworfen werden. Bei Populus stimmt der Ablösungsvorgang im Wesentlichen mit dem bei Quercus geschilderten überein; doch ist die Trennungszone nur bei manchen Zweigen entwickelt, bei andern fehlt sie ganz; dasselbe Verhältniß zeigt sich bei Prunus Padus, bei Evonymus europaeus, verrucosus und latifolius, bei denen bekanntlich die Absprünge überhaupt seltener sind, gradeso wie bei Fraxinus und Juglans; es verhalten sich

---

[1]) Meehan: On disarticulating branches in Ampelopsis. Aus „Proceed. of the americ. Acad. of Philadelphia. Part. I, 1880, cit. in Bot. Centralbl. 1880, S. 1005.

ferner ebenso Acer platanoides und Ulmus effusa. Bei der Mistel, Viscum album, und bei Loranthus europaeus ist die Trennungszone sehr wohl entwickelt, aber bei Ersterer werden sehr selten wirkliche Zweigabsprünge beobachtet, während für Letzteren Höhnel angiebt, daß mehr als die Hälfte der jährlich entwickelten Zweige abgestoßen wird.

Schließlich mag noch hervorgehoben werden, daß bei Eiche und Pappel kleine Zweige mit vollständig entwickelter Trennungszone den Winter überdauern. Bei Salix sind keine echten, verholzten Absprünge beobachtet worden; wohl aber werden viele einjährige, unverholzte Triebe abgeworfen, deren Gefäßbündel in der Trennungszone verschmälert sind.

So ergiebt sich denn als allgemeines Resultat der Beobachtung sämmtlicher Ablösungsprozesse von Blatt- und Achsenorganen, daß diese Prozesse stets erfolgen durch Bildung der sogenannten Mohl'schen Trennungsschicht. Die Entstehung dieser Schicht wird ermöglicht durch ein Wiedererwachen der Streckungs- resp. Vermehrungsfähigkeit einer Zellenzone in der Basalgegend des Organs. Diese Basalgegend ist meist schon anatomisch abweichend vorgebildet, und es hängt nun von einem zweiten Factor ab, ob die Ablösung perfekt wird oder nicht. Welches ist dieser zweite Factor? Unseres Erachtens nach ist es der Stillstand in der assimilatorischen Thätigkeit des abwerfbaren Organs, dessen basale Zone allein reaktionsfähig bleibt und seine Thätigkeit in der Ausbildung der Trennungsschicht äußert. Die Vergrößerung und Abrundung der Zellen dieser Schicht bei dem Lösungsvorgange deutet auf erhöhten Turgor hin und es handelt sich jetzt darum, die Verhältnisse aufzusuchen, welche eine erhöhte Turgescenz zu erklären im Stande wären.

Bei derselben Wasserzufuhr von der Wurzel kann der Wasserandrang zu Zellgruppen eines Organes gesteigert werden, wenn entweder dessen Ausdehnung verkleinert oder dessen Verdunstungsthätigkeit herabgestimmt wird oder endlich dessen anatomischer Charakter geändert wird. Bei den Blumenblättern tritt durch das Verwelken derselben von der Spitze aus der erste Fall ein: das wasserverbrauchende Areal wird geringer; bei den Laubblättern tritt mit dem Sinken der Temperatur und Besonnung im Herbste der zweite Fall ein: die Verdunstungsthätigkeit wird herabgestimmt. Bei den jungen Zweigen tritt der dritte Fall in den Vordergrund. Bei ihnen verändern sich die aus dem Vegetationspunkte hervorgehenden Gewebe ungemein schnell durch ihren Uebergang in die Dauergewebeformen, was in der Praxis als „Ausreifen“ der Zweige bezeichnet wird.

Nun sehen wir das Ausreifen der Zweige, sowie das Ausreifen der einzelnen Zweigglieder nicht in der ganzen Länge gleichmäßig erfolgen. Entweder nur die Spitze, oder aber auch noch die Basis enthalten die unreifsten Gewebezonen, d. h. Zellparthien, welche am längsten dehnbar und vermehrungsfähig bleiben. In ihnen bilden sich die Trennungsschichten.

Diese Trennungsschichten bilden sich aber bei den Zweigen nicht immer

oder bedingen doch nicht immer den Abfall. Das Basalgewebe der Internodien wird nur in Ausnahmefällen zu gesteigerter Entwicklung angeregt.

Bei den Sommerabsprüngen liegt die Beobachtung vor, daß sie nach Hitze und Trockenheit eingetreten sind. Beide Agentien bewirken die schnelle Wandverdickung und den schnellen Verlust der Dehnbarkeit der Zellmembranen: die Zellen bleiben kürzer[1]) und gehen schneller in Dauergewebe über.

Es bleibt für eine etwaige verstärkte Wasserzufuhr nur die Basalzone der Internodien übrig, in denen sich Aeußerungen dieser verstärkten Zufuhr zeigen können. Tritt eine solche ein, dann ist bei manchen Bäumen die Veranlassung zur Bildung des Abwurfs gegeben. Aber nur in den letztgebildeten Jahressprossen dürfte auch die Basalgegend noch vermehrungsfähig bleiben, während sie in den älteren Zweigen dies nicht mehr ist oder doch zur Erweckung der Vermehrungsfähigkeit einer viel länger wirkenden Ursache bedarf, als die ist, welche durch Sommerregen nach Dürre dargestellt wird.

Bei dieser Auffassung des Sachverhaltes erklären sich auch die Angaben mancher Forstschriftsteller, daß die Absprünge gute Samenjahre andeuten sollen; heiße Sommer befördern den Ansatz von Blüthenknospen.

Bei den Herbstabsprüngen sind die Zweige sicherlich ausgereift. Die Knospen sind fertig gebildet und geschlossen, und nur die Basis des Zweiges mit ihren kurzen Internodien und verdicktem Rindenkörper und der für die Trennungsschicht vorbereiteten parenchymatischen Querzone stellt diejenige Region des Zweiges dar, die bei verstärkter Wasserzufuhr Veränderungen ihrer Gewebe noch leicht ermöglicht. Durch den bereits begonnenen Abgliederungsprozeß der älteren Blätter ist die ursprüngliche Verdunstungsfläche bedeutend verkleinert; durch die Herbstwitterung wird die Wasserzufuhr zur wärmer und vegetationskräftiger bleibenden Wurzel vermehrt, die Verdunstungsfähigkeit der noch vorhandenen Blätter bei der feuchten, kälteren Luft aber vermindert. Der Turgor der Gewebe steigert sich somit beträchtlich und äußert sich zunächst in Streckung der noch dehnbaren Zellen der Basalzone. Bei dem Vorrath an Stärke kann in diesen Zellparthien noch eine Neubildung von Zellen stattfinden, deren dünne Wandungen erst recht geeignet sind, sich schnell zu vergrößern und dadurch sich abzurunden. Mit der Abrundung der Zellen vermindern sich die Berührungspunkte derselben, d. h. es lockert sich der Verband der Gewebe, und es genügt schon ein geringer, mechanischer Druck, um diesen Verband ganz aufzuheben. Solcher Druck ist stets vorhanden, entweder in der Schwere des Zweiges allein, oder auch noch in der Wirkung der Winde.

Absprünge treten weniger auf nach feuchten Sommern. Hier schließt die Terminalknospe ihre Vegetation nicht ab, sondern bleibt entweder ununterbrochen bis in den Spätherbst bei der Produktion neuer Blätter, oder aber beginnt ihr Wachsthum nach kurzer Sommerruhe wieder, indem sie sich zu dem nur selten

[1]) Sorauer: Einfluß d. Wasserzufuhr zur Gerstenpflanze. Bot. Zeit. 1873, S. 145.

ausreifenden Johannistriebe verlängert. In solchen fortwachsenden Trieben sind es nun die jüngsten Zellpartien der Spitze bei welchen die im Herbst eintretende Steigerung des Turgors sich geltend macht. Der Trieb streckt sich immer noch an seiner Spitze, aber die Basalgegend geht keine Veränderungen zur Herstellung einer Trennungsschicht ein. Absprünge zeigen sich gar nicht oder sehr sparsam.

Daß in der That die Basalgegend der Organe dann in Thätigkeit zur Bildung einer Trennungsschicht tritt, wenn die Bedingungen für die bisherige Verwendung des Wassers zur Produktion und Verdunstung geändert werden, zeigt das einfache Experiment, das der Pflanzensammler zu seinem Nachtheil oft genug absichtslos ausführt. Pflanzen, die längere Zeit befeuchtet in der Botanisirtrommel liegen bleiben, werfen ihre Blätter ab. Namentlich leicht gliedern sich die älteren Blätter und die Fiederblättchen eines zusammengesetzten Blattes ab und diese Abgliedernng erfolgt selbst, wenn der Pflanzentheil noch ganz jung ist und die Gewebe an den Gelenkstellen vorher keine Veränderung gezeigt haben. Auch hier in der Botanisirbüchse entsteht nach 2—4 oder 6 Tagen die bei der herbstlichen Abgliederung sich zeigende Trennungsschicht. Bei Begonia Dreegei beobachtete ich an einem in der Botanisirtrommel vergessenen Exemplar ein Auseinanderbrechen der einzelnen älteren Internodien, deren Bruchfläche wie mit feinem Mehl bedeckt erschien. Der mehlige Ueberzug war durch zum Theil schlauchartig lang ausgewachsene Zellen, die zur Zeit der Untersuchung locker nebeneinander lagen, hervorgebracht. Wir haben somit gleichsam eine experimentell ausgeführte Abgliederung.

e) Das Süßwerden der Kartoffeln.

Daß durch den Frost auch chemische Veränderungen im Innern des Pflanzenkörpers bewirkt werden, ist aus dem Süßwerden der erfrorenen Kartoffeln ersichtlich. Auch bei diesem Prozesse zeigen sich nach den Untersuchungen von Einhof und Göppert individuelle Verschiedenheiten. Unter denselben Verhältnissen wurde nur ein Theil der Knollen süß und diese blieben bei dem geringen Kältegrade, welcher überhaupt nur bei dem Zuckerbildungsprozeß herrschen darf, weich, während die andern erstarrten. Brachte man Kartoffeln schnell in größere Kälte (etwa 10°), so gefroren sie sämmtlich, ohne Zuckerbildung zu zeigen. Aehnliche Vorgänge wurden bei Birnen und Aepfeln wahrgenommen. Experimentell sind Spaltungen von Lösungen in Wasser und eine concentrirtere Lösung, welche erst bei größerer Kälte gefriert, sowie auch das Entstehen neuer Verbindungen bei dem Gefrieren von Rüdorff[1]) nachgewiesen worden.

[1]) Rüdorff: Ueber das Gefrieren des Wassers aus Lösungen. Poggendorff's Annalen, Bd. CXVI, S. 55—72*).

*) Der wichtigste Nachweis ist der, daß aus einer Salzlösung nur immer reines

Die von Einhof und Göppert gefundene Thatsache, das bei höheren Kältegraden die Kartoffeln erfrieren, ohne süß zu werden und die süß gewordenen weich geblieben waren, erklärt sich nach den Experimenten von Müller-Thurgau[1]) in einfacher Weise. Dieser Forscher fand, daß die Kartoffelknolle erst bei — 3° erfriert. Allerdings liegt ihr eigentlicher Gefrierpunkt schon etwa bei — 1° C.; aber die Zellsäfte müssen erst bis auf 2—3° unter den Gefrierpunkt abgekühlt d. h. „überkältet" werden, bevor zwischen den Zellen die ersten Eiskrystalle sich bilden können. Natürlich aber wirkt eine Temperaturerniedrigung auf 0 bis — 2° auch schon lähmend auf die Lebensprozesse ein. Unter diesen Prozessen sind es zwei, welche hier wesentlich in Betracht kommen, nämlich ein Fermentationsprozeß, der Stärke in Zucker

Wasser ausgefriert (wenn nicht in die Eismasse etwas Lösung mit hineingerissen wird). Der Zellinhalt, der als eine Lösung sehr verschiedener Salze zu betrachten ist, wird also durch Gefrieren seines Lösungswasser concentrirter. Nun weisen aber andere Versuche nach, daß, je concentrirter im Allgemeinen eine Lösung ist, um so tiefer ihr Gefrierpunkt liegt. (Daß dieses Sinken des Gefrierpunktes bei einigen Salzen proportional der Menge wasserfreier Substanz, bei andern im Verhältniß mit einer bestimmten Anzahl Wasseräquivalente verbundener Substanzmengen sich herausstellt, ist hier ohne Bedeutung.) Darin liegt eine Erklärung für das verschiedene Verhalten von Pflanzen und Pflanzentheilen gegen Fröste; da, wo die größere Concentration ist, wird ein späteres Erfrieren stattfinden. Einige Salze ändern bei dem Gefrieren aber mit der Concentration der Lösung auch ihre Constitution. So weist z. B. Rüdorff vom Kupferchlorid nach, daß es bei schwacher Concentration in blauer Lösung als $Cu Cl^2 + 12H^2O$, dagegen in der concentrirten grünen Lösung als $CuCl^2 + 4H^2O$ vorhanden ist. Wenn man derartig sich verhaltende Salze in der Pflanzenzelle annimmt, findet man eine weitere Erklärung für Veränderungen, welche der Frost hervorruft. Es kann ein so entstehendes Salz aber geradezu untauglich für die Lebensfunktionen der Pflanzenzelle sein und wir hätten zunächst den Vorgang, daß eine Pflanzenzelle gefrieren, ihr Lösungswasser zu Eis erstarren und bei dem Aufthauen ruhig weiter funktioniren kann, selbst wenn etwas von dem Lösungswasser verloren gegangen. Tritt aber dann ein Frostgrad ein, der so viel Eis ausgefrieren läßt, daß die zurückbleibende Lösung einen bestimmten Concentrationsgrad überschreitet, so können ganz neue Verbindungen entstehen, die, für das Zellenleben nicht tauglich, den Tod herbeiführen. Derselbe Zustand kann erscheinen, wenn ein geringerer Kältegrad, der an und für sich der Pflanze nicht schädlich, durch kurzes Aufthauen unterbrochen häufig hinter einander eintritt. Das bei einmaliger starker Kälte aus der Zellwand herauskrystallisirende Eis verdunstet zwar auch, aber der Wasserverlust ist lange nicht so groß, als wenn schnell hinter einander hohe Temperaturen eintreten, die das Thauen bewirken. Der Wasserverlust ist also in derselben Zeit viel größer bei so schwankender Witterung; die Wasserzufuhr aber ist in beiden Fällen gleich gering, weil die plötzlichen, hohen Temperaturen zwar die oberirdischen Theile treffen, aber die Wurzel unberührt lassen. Dadurch wird der Zellsaft in dem einen Fall concentrirter und kann dann in das Stadium gelangen, wo neue und darunter für das Pflanzenleben schädliche Verbindungen entstehen. Auf diese Weise erklärt sich die schädliche Einwirkung wiederholten Aufthauens nach sonst unschädlichen Kältegraden.

[1]) Müller-Thurgau: Ein Beitrag zur Kenntniß des Stoffwechsels in stärkehaltigen Pflanzenorganen. Botanisches Centralbl. 1882, Nr. 6.

umwandelt, und ein Zuckerverbrauchsprozeß. Man kann annehmen, daß der Zucker von dem Protoplasma der Zelle theils verathmet, theils (während der Vegetationszeit) zur Regeneration desselben und zu Stärkerückbildung verbraucht wird. Müller-Thurgau fand in der That [1]), daß süße Kartoffeln nach einem Aufenthalte in Temperaturen von 20—30° ihren Stärkegehalt auf Kosten des verschwundenen Zuckers erhöht hatten. Bei einer Temperaturerniedrigung auf 0° bis herab auf —2° nimmt der Verathmungsprozeß (und höchst wahrscheinlich auch der Regenerationsprozeß des Protoplasma's) ab, während der Fermentationsprozeß nicht so schnell zurück geht. In Folge dessen wird das Fermentationsprodukt, nämlich der Zucker, in der Knolle angehäuft und diese Ansammlung auch durch den Geschmack bemerkbar; sie beträgt etwa 2,5 % der Frischsubstanz, doch sind verhältnißmäßig große Schwankungen bei verschiedenen Individuen derselben Varietät vorhanden. Ein höherer Wassergehalt der Knollen begünstigt das Süßwerden. Dieser Zuckerzunahme entspricht eine Stärkeabnahme; jedoch ist nach den Analysen von Czubata [2]) kein entsprechendes Verhältniß zwischen beiden Vorgängen nachweisbar. Es ist wohl möglich, daß das Ferment von den Eiweißstoffen geliefert wird, von denen nach Czubata ein Theil aus dem unlöslichen Zustande in den löslichen während des Gefrierens übergeführt wird. Auch Müller nimmt an, daß das Ferment bei niedriger Temperatur sich vermehrt.

Werden Kartoffeln, welche süß geworden sind, einige Tage in einen Raum gebracht, der mehr als 10° Wärme hat, dann hebt sich der Athmungsprozeß, und der Zucker wird verbrannt, d. h. die Kartoffeln werden entsüßt und auf diese Weise für den Haushalt wieder brauchbar. Andere vorgeschlagene Mittel, wie z. B. das Auslaugen der Knollen durch Wasser, führen nicht zum Ziel. Außerdem ist aber noch hervorzuheben, daß man süß gewordene Kartoffeln auch unbesorgt zur Aussaat benutzen kann. Süß gewordene Kartoffeln erfrieren erst bei höheren Kältegraden, als nicht süß gewordene Knollen. [3])

Auch in einigen andern Pflanzentheilen, die Stärke besaßen, konnte bei längerem Aufenthalte derselben bei 0° eine Zuckeranhäufung auf Kosten des Stärkevorraths constatirt werden. Bei Weintrauben [4]) wurde gefunden, daß selbst solche, die noch nicht ausgereift waren und die zwar in ihrem Hauptstiel von Frost angegriffen, aber im Kamm noch grün, in den Beeren noch klar waren, eine bedeutende Abnahme des Säuregehaltes und Zunahme des Saftgewichtes zeigten.

---

[1]) Landwirthsch. Jahrb. 1883, S. 807.

[2]) Czubata: Die chemischen Veränderungen der Kartoffeln beim Frieren und Faulen. Oesterr.-Ungar. Brennerei-Zeitung 1879, cit. in Biedermann's Centralbl. 1880, I., S. 472.

[3]) Müller-Thurgau: Landwirthsch. Jahrb. 1883, S. 826.

[4]) Biedermann's Centralbl. 1879, I., S. 233.

Bei der Aufbewahrung von Zuckerrüben kann man nur durch möglichst kühle Temperatur den Zuckerverlust, der durch die Athmung des Rübenkörpers innerhalb der Mieten eintritt, vermindern.[1]) Bei Zuckerrüben, die wirklich gefroren gewesen, zeigt sich durch das Ausfrieren des Wassers eine Erhöhung des Zuckergehaltes, der von Ringer auf 0,39 % berechnet worden ist.[2])

Die Angaben der Gemüsegärtner, daß Braunkohl (Brassica oler. acephala) erst nach Frösten die gewünschte Süßigkeit erlangt, dürfte in der Zuckeranhäufung durch die niedrige Temperatur ihre genügende Erklärung finden. Nach den Analysen von Märker und Pagel[3]) ließ sich aus erfrorenen Kohlpflanzen eine 68,66 % der Pflanzenreste betragende Saftmenge abpressen, während der gleiche Druck bei den nicht erfrorenen Exemplaren nur 7,1 % Saft ergab. Es enthielten 100 ccm Saft von

	Erfrorenen Pflanzen	nicht erfrorenen
Trockensubstanz . . .	7,96 g	4,04 g
Rohasche	1,63 „	0,97 „
Traubenzucker . . .	4,17 „	1,41 „
Dextrin (?)	0,80 „	0,58 „
N haltige Substanz .	0,86 „	0,51 „
N freie Extraktivst. . .	0,50 „	0,54 „

Man sieht, daß die löslichen Bestandtheile im Saft eine erhebliche Vermehrung erfahren haben, und daß an dieser Vermehrung der Traubenzucker in erster Linie betheiligt ist. Es findet hier also eine ebenso bedeutende Zuckerbildung, wie bei der Kartoffel statt, die von Schmidt auf 21,85 %[4]) angegeben worden ist.

Anhangsweise möchte ich hierbei eine mir mündlich gemachte Mittheilung anschließen, daß in Reinerz ein im Gestein liegender Keller existiren soll, in welchem die Kartoffeln auch ohne Frosteinwirkung süß werden. Man schreibt diese Erscheinung einer starken Exhalation von Kohlensäure zu. Experimentell ist es mir nicht gelungen, binnen 2 Tagen eine Zuckervermehrung durch Aufenthalt der Knollen in einer Kohlensäure-Atmosphäre nachzuweisen; indeß wäre es wohl möglich, daß nach längerer Zeit sich erst ein Einfluß geltend machen dürfte. Die Angabe gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch eine Arbeit von Bachet[5]) und Savalle, wonach durch die Anwendung von Kohlensäure bei etwas erhöhter Temperatur und größerem Druck Stärkemehl schnell in Dextrin und

---

[1]) Heintz: Athmung der Rübenwurzeln. Zeitschrift d. Ver. f. d. Rübenzuckerindustrie d. deutsch. Reiches 1873, Bd. XXIII, cit. Bot. Jahresb., I., S. 358.

[2]) Bot. Jahresbericht 1880, S. 665.

[3]) Märker u. Pagel: Ueber den Einfluß des Frostes auf Kohlpflanzen. Biedermann's Centralbl. 1877, Bd. XI, S. 263—66.

[4]) Nach Ritthausen; s. „der Landwirth“ 1875, S. 501.

[5]) Nach Compt. rend. 1878, cit. in Biedermann's Centralbl. 1879, S. 554.

Traubenzucker umgewandelt wurde, namentlich wenn man den Prozeß der Saccharifikation durch Beigabe von Kleber erleichterte. Man kann annehmen, daß durch reiche Kohlensäurezufuhr zu den Kartoffelknollen in dem vorerwähnten Falle aus Reinerz der natürliche Athmungsprozeß ebenfalls wie durch niedere Temperatur herabgedrückt worden ist und der nach Müller noch bis zu einer Temperaturhöhe von $+ 10^{0}$ nachweisbare Zuckerbildungsprozeß eine langsame Anhäufung des Zuckers verursacht hat.

Daß die Verwendungsmethoden für süße Kartoffeln, die im äußeren Ansehen von den gesunden, nicht süßen selten unterscheidbar sind,[1]) durchaus nicht auf gefrorene, also vereiste anzuwenden sind, ergiebt sich aus dem Vorstehenden von selbst. Eine Knolle, die einmal hart gefroren gewesen, ist todt und fällt bei dem Aufthauen sofort hochgradiger Zersetzung anheim. Die Knolle wird weich, läßt Wasser austreten, wird an der Schnittfläche, sofort braun, falls dieselbe nicht alsbald mit einer Säure überstrichen wird.[2]) Die Schale löst sich bald blasig unter Gasentwicklung vom Fleische, dessen Rindenzellen unterhalb der Korkschale durch Auflösung der Intercellularsubstanz sich lockern. Das Plasma ist braun und körnig und von der Zellwand zurückgezogen, die Proteïnkrystalle sind dunkelbraun; der Saft ist stark sauer.

f) Frostgeschmack der Weinbeeren.

Es ist bereits bei dem Süßwerden der Kartoffeln auf eine Untersuchung hingewiesen worden, welche eine Zuckeranhäufung in den noch nicht ausgereiften, vom Froste angegriffenen Beeren constatirte. Der Frostgeschmack scheint aber nicht auf der Zuckerzunahme und Säureabnahme allein zu beruhen, sondern es dürften vielleicht noch Stoffverbindungen aus den Beerenstielen diffundiren, die das Protoplasma der Zellen ohne die Frostwirkung nicht hindurchgelassen hätte.

Die Verbessernng des fertigen Weines durch Gefrierenlassen ist ein anderer Vorgang. Es friert fast reines Wasser heraus und, falls man dieses durch eine Centrifuge oder Schraubenpresse trennt, wird der Wein gehaltvoller und halt-

[1]) Sehr süße Knollen sollen eine durchscheinendere Schnittfläche darbieten; dies dürfte vielleicht von der Lösung der Stärke, die zur Zuckerbildung verbraucht ist, kommen.

[2]) Mit Essig-, Phosphor- oder Schwefelsäure bestrichene Schnittflächen der erfrorenen Kartoffeln erhalten sich weiß, während sie an der Luft, sich selbst überlassen, schnell sich bräunen. Eine gesunde, ergrünte Knolle färbte die Schnittfläche bei Bestreichen mit Ammoniak von der Schale her graubraun.

So lange die Knolle hart gefroren erhalten wird, kann sie mit Leichtigkeit aufbewahrt werden. Ist sie einmal aufgethaut, läßt sie sich nur etwa durch sehr schnelles Trocknen einigermaßen erhalten. Müller-Thurgau empfiehlt als erprobt das Zerquetschen sofort nach dem Aufthauen oder das Dämpfen und Einstampfen in Gruben. Unter Bedeckung mit Stroh oder Erde haben sie nach 4 Wochen einen säuerlichen, dem Vieh angenehmen Geschmack angenommen.

barer. Die Versuche von Melsens[1]) ergaben, daß die durch Schmelzen solcher ausgefrorenen Wassermengen erhaltene Flüssigkeit keinen Alkohol enthielt, ohne Geschmack war und nur sehr wenig organische (nach gebranntem Brote riechende) Materie enthielt. Weine, welche man etwa bis zur Hälfte ihres Volumens hatte gefrieren lassen, waren auch ohne Entfernung des Wassers haltbarer und gehaltreicher geworden; es hatten sich Eiweißstoffe und Salze ausgeschieden.

Betreffs der Säureabnahme in den Weinbeeren sei hier ein Untersuchungsergebniß von neuerem Datum[2]) angeführt. Danach zeigten Trauben von Riesling am Stocke, die vom 19. Oktober bis 9. November einer Kälte bis zu 5° C. ausgesetzt gewesen, eine Säureabnahme um 4 %. Abgeschnittene, halbreife, vom Frost stark beschädigte Trauben zeigten von 1.—11. Oktober einen Verlust von 4,5 % an Säure.

g) Kernlose Früchte.

Wir haben schon früher darauf aufmerksam gemacht, daß bei schwachen Frostbeschädigungen der Obstblüthe nur einzelne Zellen oder Zellenparthien, bei denen eine besondere Empfindlichkeit vorausgesetzt werden muß, sich bräunen, während die Entwicklung der Blüthe weiter fortschreitet. Im Allgemeinen finden wir, daß die Griffel nebst Fruchtknoten am frostempfindlichsten sind; minder sind es die Staubgefäße und noch weniger die Blumenblätter. Diese Beobachtungen erklären die Erscheinungen, daß bei Kernobst, namentlich Birnen an frostbetroffenen Exemplaren die Samen und bisweilen die ganzen Fruchtfächer verkümmern, während der genießbare Achsentheil sich normal weiter entwickelt. Ueber einen Fall, bei welchem die Exemplare, die schutzlos im Freien standen, Früchte ohne Kerne und theilweis mit verkümmertem Kernhaus gaben, während dieselben Sorten am geschützten Spalier diesen Fehler nicht zeigten, berichtet ein französischer Obstzüchter.[3]) Es waren die Birnsorten: Duchesse, Beurré Hardy, Superfin und Dumon. Ich habe gefunden, daß auch die Birnenfrüchte, die aus Johanniblüthen am diesjährigen Holze sich entwickeln, meist kernlos sind. — Aepfel erhalten unter denselben Bedingungen ihre Kerne besser; in der Regel sind einzelne ausgebildet.

h) Unfruchtbarkeit.

Bei gesteigerter Frostwirkung während der Baumblüthe zeigt sich nicht selten der Fall, daß nach dem Schwinden des Frostes die Blüthen scheinbar unbeschädigt weiter sich entwickeln. Bei genauerer Durchsicht erkennt man eine

---

[1]) Compt. rend. Bd. LXXVI, S. 1585, cit. in Biedermann's Centralbl. 1874, S. 62.

[2]) Centralbl. f. Agrik.-Chemie 1879, S. 232.

[3]) Revue horticole. Paris 1875, S. 22.

Braunfärbung der Stempel, die alsbald vertrocknen. In diesem Falle tritt partielle oder totale Unfruchtbarkeit ein.

i) Bewegungserscheinungen.

Bei manchen den Frost überlebenden Pflanzen erfolgen bei dem Gefrieren eigenthümliche Bewegungserscheinungen, welche bei dem Aufthauen wieder verschwinden. Schon oben ist von Göppert die Beobachtung, welche Linné zuerst angestellt hat, erwähnt worden, daß die Blätter einer Wolfsmilch (Euphorbia Lathyris) sich mit der Spitze abwärts neigen, bis das Blatt dem Stengel anliegt. Die Blätter vom Goldlack (Cheiranthus Cheiri) sehen im gefrorenen Zustande wie verwelkt und mannigfach gekrümmt aus und erlangen nach dem Aufthauen wieder ihre frühere Beschaffenheit und Stellung.

Wittrock[1]) erblickt in den Bewegungserscheinungen einen Schutz gegen Winterkälte. Beispielsweise biegen sich die immergrünen Wurzelblätter zahlreicher Kräuter rückwärts und abwärts, so daß wenigstens der äußere Theil der unteren Blattfläche gegen den Boden gedrückt erscheint; im Sommer stehen sie schräg aufrecht. Besonders deutlich bemerkbar ist dies bei Hypochaeris maculata L., Geum urbanum L., Cerefolium sativum L. u. A. Auch einige zeitige Frühlingspflanzen, wie Ranunculus Ficaria L. zeigen dasselbe Verhalten. Hartig erkennt in diesen Erscheinungen gleichsam ein Welken der Pflanzentheile in Folge der Schlaffheit der Zellen, aus denen Wasser in die Intercellularräume herausgefroren ist. Da je nach der Jugend und Ausbildung des Gewebes das Ausfrieren des Wassers in verschiedenen Regionen des Organes verschieden sein wird, so dürfte sich dadurch auch die Verschiedenartigkeit der Bewegung bei Frost erklären.

Bei mehreren holzigen Pflanzen sieht man eine Bewegung der Zweige und Aeste und zwar proportional der Kälte. Nach Caspary[2]) richten Acer Negundo und Pterocarya caucasica ihre Beastung auf, während Larix, Pinus Strobus sowie Tilia parvifolia die Aeste senken; Aesculus Hippocastanum und rubra und Carpinus Betulus senken die Aeste bei geringen Frostgraden und richten sie bei stärkerer Kälte wieder auf. Bei dieser Hebung oder Senkung vollzieht sich gleichzeitig eine seitliche Bewegung, die bei einzelnen Arten nach rechts, bei andern nach links hin erfolgt.

k) Abfrieren älterer Zweigspitzen.

Fast so regelmäßig wie der Blattabfall zeigt sich bei einzelnen unserer Holzgewächse ein Abfrieren der Zweigspitzen. Maulbeerbäume, Akazien

[1]) Bot. Ges. zu Stockholm. Sitz. v. 24. Oktob. 1883, cit. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 50, S. 350.

[2]) Report of the international Horticultural Exhibition etc., London 1866, cit. bei Nördlinger: Forstbotanik, I., S. 201.

und Himbeeren liefern die häufigsten Beispiele hiervon. Genauere Studien über diesen Punkt verdanken wir v. Mohl,[1]) der darauf hinwies, in wie verschiedenen Stadien sich unsere Holzgewächse bei Eintritt des Winters befinden.

Bei manchen dauert das Wachsthum der Zweige ungestört fort, so lange die Bedingungen für die Weiterentwicklung überhaupt günstig sind; dasselbe erleidet einen Stillstand durch die Frostperiode und fährt sogleich wieder fort an der Stelle, wo es im Herbst aufgehört hat, sobald die Temperatur es gestattet. Dies ist bei dem Epheu (Hedera Helix) und beim Sadebaum (Juniperus Sabina) der Fall. Bei vielen Bäumen schließt die Entwicklungsperiode eines Zweiges gegen Ende des Sommers von selbst dadurch, daß sich eine Endknospe bildet, welche im nächsten Frühjahr die unmittelbare Fortsetzung des Zweiges übernimmt, wie bei den Obstbäumen, bei Eichen, Eschen, Fichten und Tannen. Bei unseren Kulturen tritt sehr häufig der Fall ein, daß ein zweiter Trieb im Jahre, der Johannistrieb hervorgelockt wird; derselbe giebt meist unreifes Holz, welches im Winter leicht erfriert, während ein Frühjahrstrieb allein vollkommen ausreift. Eine dritte, große Gruppe läßt im Laufe des Sommers bei einer ganz normalen Entwicklung die mitten in ihrer Entfaltung begriffene Spitze des Zweiges auf einmal abfallen. Die Fortsetzung des Zweiges übernimmt dann im nächsten Jahr die oberste Seitenknospe, wie dies Gymnocladus canadensis und Ailanthus glandulosa, der Götterbaum, zeigen. Die gewöhnlichsten Beispiele hierfür bieten die Linde, Ulme, Plantane, Haselnuß. Nun wies Mohl nach, daß die Bäume, deren Zweigspitzen fast regelmäßig bei uns erfrieren, zu dieser letzten Gruppe gehören, welche z. B. in Rom im Oktober bereits ebenfalls ihre Zweigspitzen so regelmäßig abgeworfen und ihre Vegetationsperiode damit faktisch beendet hatten, wie bei uns die Linde. Bei den Bäumen dieser Gruppe, die wir in den Anlagen kultiviren, geschieht dies in der Mehrzahl der Fälle nicht, und dies zeigt, daß unsere Sommer für sie zu kurz und zu kalt sind, um ihre vollständige Entwicklung normal zu beenden.

Der Frost trifft deßhalb **fast immer** unreife Triebe. Hierher gehören die Robinie (Robinia Pseud-Acacia), die Gleditschie (Gleditschia), die Sophora (Sophora japonica), der Papiermaulbeerbaum (Broussonetia papyrifera), der ächte weiße Maulbeerbaum (Morus alba), die Trauerweide (Salix babylonica) und der Weinstock (Vitis vinifera). Hier empfiehlt sich, wenn die Zweige erhalten werden sollen, das zeitige Entlauben derselben, ein Verfahren, welches der Zufall wahrscheinlich zuerst kennen lehrte.

Nach den Beobachtungen von Lawrence[2]) wären im Winter 1708—9 unter allen Fruchtbäumen nur die Maulbeerbäume erhalten worden, weil man

[1]) Bot. Zeitung 1848, S. 6.

[2]) Göppert: Wärmeentwicklung, S. 5.

ihre Blätter schon vor dem Eintritt der Kälte zu Futter für die Seidenraupen abgepflückt hatte.

Abfrieren der Zweigspitzen wird von Obstzüchtern auch „Spitzenbrand" genannt, und diese Bezeichnung ist acceptabel, sofern damit lediglich die Frostbeschädigungen bezeichnet werden. Nach dem mir aber zugegangenen Material wird auch das durch Pilze (Fusicladium) bewirkte Absterben der Zweig darunter verstanden.

Ein Absterben der Zweigspitzen kommt auch ohne Frost- und Pilzbildung vor wie z. B. bei Salix babylonica an Standorten mit trockner Luft aber genügender Bodenfeuchtigkeit. Einzelne Obstsorten leiden ganz besonders, und es empfiehlt sich dann, die Bäume zu verjüngen. Entweder man schneide den Baum sehr stark in's alte Holz zurück, oder man pfropfe ihn um.

Wenn der nicht seltene Fall einer Beschädigung am Astringe eintritt, kommt es vor, daß die Bäume austreiben und die angelegt gewesenen Blumen entwickeln. Plötzlich sterben dann Blüthen und Zweige ab, weil durch den beschädigten Astring die Ernährung gestört ist und die im Zweige vorhanden gewesenen Reservestoffe aufgezehrt sind. Bei solcher Gelegenheit muß stark zurückgeschnitten werden, und gleichzeitig muß man zur Ablenkung des im Stamme reichlich vorhandenen, mobilisirten Materials den Baum auch schröpfen.

Als besonders wichtig für die Kultur mag das Erfrieren der Zweige (Reben) des Weinstockes und dessen Reproduktionserscheinungen eingehender behandelt werden. Stückweise Beschädigungen der Reben durch Winterfröste sowie die Vernichtung der Frühjahrstriebe mögen hier außer Acht gelassen werden. In erster Linie verdient der Fall einer Erwähnung, daß die Stöcke bis auf das alte Holz herabfrieren. Es entwickeln sich dann aus der Stammbasis ungemein üppige Reben, von denen man früher meist annahm, daß sie unfruchtbar im folgenden Jahre wären und erst im zweiten Jahre Fruchtholz trügen. Dieser Ansicht gegenüber haben die Untersuchungen von Müller-Thurgau [1]) ergeben, daß solches Holz doch schon im Herbst (August) seines Entstehungsjahres Fruchtaugen anlegt, und daß demgemäß die Behandlung des Stockes einzurichten ist.

Eine bei Riesling und noch 2 andern Sorten vorgenommene Zählung der Trauben zeigte, daß der Grad der Fruchtbarkeit solcher aus dem alten Holz hervorgegangenen Schosse ebenso groß ist, wie bei dem normalen zweijährigen Holze. Die Gleichwerthigkeit zeigte sich auch in dem Verhalten gegen neuen Frost, der bei beiden Arten von Bogreben ziemlich gleich viel Augen zerstört hatte, was trotz der meist üppigen Entfaltung solcher basaler Triebe auf deren ebenso gutes Ausreifen schließen läßt. Bei den neuen Frostbeschädigungen fand Müller die unteren Augen mehr verletzt; in Folge dessen

[1]) Müller-Thurgau: Ueber die Fruchtbarkeit der aus den älteren Theilen der Weinstöcke hervorgehenden Triebe, sowie der sog. Nebentriebe. Der Weinbau 1882, Nr. 28.

wurden die Bogreben länger geschnitten, und es zeigte sich, daß die Fruchtbarkeit der über dem 10. Auge stehenden Triebe ebenso groß, wie bei den normalen Reben war. Gleichzeitig ergab sich, daß diese oberen Knospen einen weitaus höheren Ertrag lieferten, als die unteren, theilweis vom Frost beschädigten. In solchen Fällen, in denen die untersten Bogreben und Zapfen größtentheils erfroren, wird der Züchter also 1—2 aus dem alten Holze kommende Schossen stehen lassen; im nächstfolgenden Frühjahr wird er diese Letzteren auf Tragrebe und Zapfen (Bogrebe und Knot) schneiden und den übrigen Theil des Stockes, der doch nur noch im oberen Theile Holz bringt, abwerfen. Auch bei dem Verjüngen alter Weinberge wird ein solches Verfahren am Platze sein. Um erneuete Frostbeschädigungen zu vermeiden, ist das Eingraben der kräftigsten, aus der Wurzel ausgetriebenen Reben in die Erde während des folgenden Winters als recht vortheilhaft zu empfehlen. Während im Frühjahr bei freistehenden Ruthen nur 2—3 Augen noch Leben zeigen, bringen in der Regel die eingegrabenen Reben alle Knospen zum Austreiben, und diese erweisen sich durchgängig als sehr fruchtbar.

1) Abfrieren von Frühjahrstrieben.

Wenn die Spätfröste den Baum zu einer Zeit überraschen, in welcher die Laubknospen sich zu strecken begonnen oder auch zu kurzen Trieben sich schon entwickelt haben, dann treten mannigfache Beschädigungen und Regenerationserscheinungen ein. Ein bei Kirschen mir mehrfach vorgekommener Fall stellt das Absterben des jüngsten Vegetationskegels in der sich erschließenden Laubknospe dar. Anfangs ist der Schaden nicht bemerkbar, da die sämmtlichen Knospenschuppen intakt geblieben; nach einiger Zeit giebt eine eigenthümliche Spreizung, hervorgerufen durch Rückwärtsschlagen der sehr turgescenten Schuppen und das Ausbleiben des Triebes Veranlassung zur Untersuchung und zum Auffinden genannter Beschädigung. Später kommen aus den unverletzt gebliebenen Seitenaugen schwächlichere Nebentriebe und bisweilen gerade nach solchen Frühjahrsverletzungen auch verbänderte Triebe. Eine andere, bei älteren Birnentrieben mir bekannt gewordene Erscheinung bestand in der Schwärzung und dem Absterben der Basalpartbie der jungen Triebe, die im Uebrigen noch grün erschienen und erst später vertrockneten.

Ein spezielles Studium hat Potonié den Erscheinungen des Wiederersatzes der durch Frost verlorenen Frühlingstriebe gewidmet.[1]) Die einzelnen Baumarten verhalten sich verschieden. Bei manchen Arten scheinen aus den unverletzt gebliebenen Basalaugen der erfrorenen Zweige seitliche Triebe hervorzukommen, wie z. B. bei Castanea sativa Mill., sowie bei Celtis- und Platanus-

[1]) Potonié: Ueber den Ersatz erfrorener Frühlingstriebe durch accessorische und andere Sprossen. Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb. XXII, 1880, S. 81.

Arten. Wenn der junge Trieb ganz zerstört ist, erfolgt bei vielen Pflanzen die Neubelaubung durch Austreiben „accessorischer Sprosse“. Manche Holzarten legen nämlich bei zunehmend kräftiger Zweigernährung in der Achsel eines Blattes nicht eine, sondern durch Sprossen des inneren Knospenstammes mehrere Knospen in einer Längsreihe an („Unterknospen“ im Capitel „Maserbildung“). Diese Unter- oder „Beiknospen“ kommen bei ungestörtem Wachsthum nur bei kräftigen Trieben mancher Gehölze (Cercis) zur Entwicklung, bei Störungen aber, wie z. B. bei starkem Beschneiden, bei Verbeißen und bei Frost, der den aus der Hauptknospe entstandenen Trieb vernichtet, bilden sie das Ersatzmaterial fast ausschließlich; dies zeigen Calycanthus floridus, Cercis siliquastrum, Gymnocladus dioecus, Liriodendron tulipifera und Robinia Pseudacacia, welche bis 4, in der Blattstielbasis versteckte Unterknospen [1]) entwickelt. Andrerseits kann auch der Ersatz aus andern, ebenfalls schon vorjährig angelegten, deu sog. „Säumaugen“ beschafft werden. Es sind dies in den Achseln basaler Knospenschuppen bisweilen regelmäßig zur Ausbildung gelangende Augen, wie man bei manchen Weidenarten z. B. recht deutlich sieht. Wenn die aus 2 Schuppen verwachsene Knospendecke abfällt, sieht man jeder Schuppenhälfte entsprechend eine Achselknospe, die bei Verunglücken des Hauptzweiges zunächst Ersatz bilden können.

In andern Fällen greift der Baum zum Ersatz auf seine schlafenden Augen vorjähriger Triebe zurück, wie sich bei Rhus, Carya glabra Mill. und Juglans rupestris Engelm. vorzugsweise beobachten ließ, während Carya amara Mich. und Pterocarya fraxinifolia Lam. vorwiegend Unterknospen zur Entfaltung brachten. Die Coniferen pflegen die erfrorenen Sprossen sowohl durch ein Erwecken bisher schlafender Augen, als auch selbst durch Neubildung von Knospenanlagen in bisher knospenlosen Blattachseln, namentlich aus den Achseln der Schuppen an der Basis des Jahrestriebes zu ersetzen. Meistens wird wohl schon eine minimale Knospenanlage existiren, aber bei ungestörter Entwicklung bleiben diese Anlagen ohne weitere Ausbildung. Daß endlich auch noch Adventivknospen gebildet werden können, ist leicht einzusehen. Eine besondere Begrenzung in der Art des Ersatzes erfrorener Triebe bei den einzelnen Baumarten läßt sich aber nicht ziehen, da die Stärke der Frostbeschädigung einerseits und der bisherige Ernährungszustand des Baumes andererseits im Verein mit der jeder Art charakteristischen, größeren oder geringeren Leichtigkeit der Adventivknospenbildung in verschiedenen Fällen auch verschiedene Ersatztriebe hervorrufen. Je üppiger eine Baumart wächst, desto mehr neigt sie zur Bildung von Unterknospen, wie man bei Stockausschlägen häufig beobachten kann.

In Gegenden und Lagen, die besonders oft von Frühjahrsfrösten heimgesucht werden, empfiehlt es sich zur Erhaltung des Obstbaues, möglichst spät-

[1]) Damaskinos u. Bourgeois: Des bourgeons axillaires multiples dans les Dicotyledones. Bull. d. l. Soc. bot. de France 1858, S. 609.

blühende und spätaustreibende Sorten anzupflanzen. Von den Aepfeln beispielsweise möchten der spätblühende Taffetapfel, die goldgelbe Sommerreinette, die Weiße Winterreinette, der Luikenapfel, der Matapfel, der Königliche Kurzstiel, der Edelborsdorfer, der Weiße Astracan zu nennen sein. Namentlich aber wende man sein Hauptaugenmerk auf die an und für sich sehr frostharten Sorten, wie die Winter-Goldparmäne, die Landsberger Reinette, die Große Casseler Reinette u. dgl.

Bei Weinstöcken erfolgt die Regeneration, wenn der Frost das Hauptauge getödtet hat, aus den Nebenaugen. Hier kommt es nun sehr auf die Zeit der Frostwirkung an. Ist der Tod des Hauptauges schon so früh im Jahre erfolgt, daß es zu seiner Streckung noch sehr wenig Reservestoffe verbraucht hat, dann reicht häufig das in der Rebe vorhandene Reservematerial aus, die Nebenaugen, in denen übrigens im Herbst niemals Blüthenanlagen zu erkennen sind, derartig zu kräftigen, daß noch Blüthenknospen angelegt werden können. Stirbt das Hauptauge aber erst durch Maifröste, dann entwickeln sich die Triebe aus den Nebenaugen zwar kräftig, aber ohne Blüthenansatz und können erst im nächsten Jahre allenfalls zur Fruchtbarkeit gelangen.

m) Abhängigkeit der Frostwirkung vom Standort.

Allgemein bekannt ist, daß nach einem hellen und warmen Sommer die frostempfindlichen Holzgewächse einen strengen Winter besser überstehen als nach nasser und kühler Sommerwitterung. Unter sonst gleichen Angriffsverhältnissen für den Frost erliegen Bäume schattiger Standorte schneller als von sonnigen Lagen. Man sagt sich, daß das Holz weniger ausgereift sei, und versteht darunter meist, daß die Zweige in dem einen Jahre einen größeren Wassergehalt, als in einem anderen besitzen. Dieser Umstand charakterisirt aber nicht die Holzreife, da die Hoffmann'schen Untersuchungen,[1]) die ich bestätigen kann, ergeben haben, daß der Gehalt an mechanisch gebundenem Wasser, das bei dem Zustande der Lufttrockenheit entweicht, keinen Maßstab für die Frostempfindlichkeit abgiebt. Es ist die ganze stoffliche[2]) und gestaltliche[3]) Zusammensetzung, die sich je nach den Witterungs- und Ernährungsverhältnissen innerhalb der Vegetationsperiode des Zweiges ändern und dessen Widerstandsfähigkeit bedingen. Jeder Zweig hat seinen besondern Charakter, seinen besondern Aufbau, und von der Witterung hängt es ab, wie die Nährstoffe verarbeitet werden. Deßhalb gehen an demselben Baume in demselben Jahre die einzelnen

---

[1]) Hoffmann: Ein negatives Resultat. Separatabzug, 1882.

[2]) Spamer: Untersuchungen über Holzreife. Allgemeine Forst- und Jagdzeitung 1882, X.

[3]) Sorauer: Beitrag zur Kenntniß der Zweige unserer Obstbäume. Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikultur-Physik v. Wollny, Bd. III, Heft 2.

Zweige als verschiedene Individuen dem Winter entgegen und erliegen deßhalb auch in ganz verschiedenem Maße.

Es läßt sich nicht ableugnen, daß der Wassergehalt des Zellenleibes, also auch die Concentration der Zellsäfte viel zur größeren oder geringeren Frostempfindlichkeit beitragen, aber dieser Umstand wird durch die viel größere, wechselnde Wassermenge verdeckt, mit der das Gewebe eines Baumes sich je nach der Zufuhr aus dem Boden vorübergehend vollsaugt und durch Verdunstung wieder abgiebt.

H. Hoffmann fand bei Pfirsich, Aprikose, Wein, Mandel, Stechpalme u. A., denen er vom Jahre 1874—81 alljährlich am 18. Oktober möglichst gleichartige Zweige entnahm und alljährlich lufttrocken wog, daß die Gewichte der lufttrocknen Zweige weder in Beziehung auf ihr Frischgewicht, noch auf ihr Frischvolumen eine Uebereinstimmung ergaben. Dies gilt nicht nur für Zweige verschiedener Spezies, nicht nur für verschiedene Exemplare derselben Spezies, sondern, wie ich fand, auch für verschieden orientirte Zweige desselben Exemplars.

Es kann sogar ein Zweig an Wasser zunehmen, während gleichzeitig der Andere abnimmt. Der Wassergehalt schwankt von Woche zu Woche und wahrscheinlich auch von Tag zu Tag.[1]) Spamer, der das Hoffmann'sche Material genauer untersuchte, fand, daß die Aschen-, Wasserstoff- und Kohlenstoffbestimmungen der Zweige eine bestimmte Abhängigkeit von der Niederschlagsmenge und Temperatursumme eines jeden Jahres erkennen ließen. Es handelt sich dabei um die Wärme und Niederschläge während der Hauptverholzungsperiode von Juli bis Oktober. Die Niederschläge scheinen von größerem Einfluß als die Temperatur zu sein; jedoch verhalten sich verschiedene Pflanzen verschieden, indem bei manchen die Temperatur ausschlaggebend erscheint. In manchen Perioden übt nur einer der Faktoren einen ersichtlichen Einfluß, wie sich z. B. bei Wein in den Jahren 1876—78 feststellen ließ; in diesen Jahren war die Regenmenge ausschlaggebend.

Die stoffliche Verschiedenheit äußert sich darin, daß die Kurve der Kohlenstoffmenge einen entgegengesetzten Verlauf zu der der Niederschläge in den einzelnen Jahrgängen zeigt. Parallel mit dem Kohlenstoffgehalt geht die Aschenmenge und ihr Mehrgehalt steigert den Reifegrad des Holzes. So fällt nach den Untersuchungsergebnissen also das reifere Holz mit den trocknen Jahrgängen zusammen und charakterisirt sich durch reicheren Gehalt an Kohlenstoff und Asche. Daß organische Substanz und Asche bei gleicher Ernährung mit einander parallel gehen, ist auch aus Untersuchungen von Will, Ebermayer und Schroeder zu ersehen. Der Wasserstoffgehalt des Holzes nimmt im Allgemeinen ab, wenn der Kohlenstoffgehalt zunimmt.

---

[1]) Vergl. Ebermayer's physiologische Chemie d. Pflanzen, I., S. 19, 25, 1882.

Diese Untersuchungen beziehen sich auf gleichartige Holztriebe. Nun ist aber der Charakter der einzelnen Sprossen eines Baumes sehr verschieden, je nachdem es ein Holzzweig oder Fruchtzweig und je nachdem es bei unsern Obstbäumen ein Wildstamm oder eine hochgradige Kultursorte ist. Ich fand durch direkte Messung unter dem Mikroskope, daß bei den Kulturvarietäten der Holzring einen kleineren Theil des Dickendurchmessers eines Zweiges bildet, als bei den Wildlingen. Während bei den einjährigen Holzzweigen unserer Obstbäume sich das Verhältniß der Dicke des Holzringes zum Markkörper etwa ebenso stellt, wie das des Rindenkörpers, wird bei den Fruchttrieben die Rinde etwa doppelt so dick.

Ueber die Verschiedenartigkeit in der Betheiligung der einzelnen Gewebeformen am Aufbau des einzelnen Internodiums werden wir später noch zu sprechen haben. Das Vorstehende genügt, zu zeigen, wie ungleichartig aufgebaut die einjährigen Zweige sind, mit denen ein Baum alljährlich der Winterkälte entgegentritt.

Um die Holzreife zu beschleunigen, wird sich ein möglichst luftiger Standort, Verminderung der Wasserzufuhr und künstliche Herbeiführung des Ruhezustandes durch Entspitzen, event. Entblättern zum Herbstanfang empfehlen.

Abhängigkeit der Frostwirkung von der Orientirung der Baumseiten.

Die meisten Frostschäden an Bäumen zeigen sich auf der Süd- und Südostseite; man erklärt sich diese Erscheinung durch ein schnelleres Aufthauen in Folge der energischeren Sonnenwirkung. In wie weit diese Anschauung begründet, ergiebt sich aus Beobachtungen von Müller-Thurgau.[1]) Derselbe fand bisweilen schon an sonnigen Wintertagen die Südseite der Bäume um 10 ⁰ wärmer als die Nordseite. Daraus ersieht man, daß durchschnittlich schon im Februar die Lebensthätigkeit des Gewebes der Südseite weit energischer bereits geweckt sein wird. Der Wassergehalt der Rinde betrug z. B. bei einem in 80 cm Stammhöhe entnommenen Streifen einer Hauszwetsche 53,8 % auf der Südseite und nur 48,5 % auf der Nordseite. Bei einem anderen Baume derselben Sorte, der rings mit Schilf eingebunden war, erwies sich zu derselben Zeit (15. März) der Wassergehalt auf der Südseite 51,5 %, auf der Nordseite 51,3 %. Von der Frankfurter Pfirsich-Zwetsche, welche ebenfalls seit dem 12. December ringsum durch Schilf geschützt war, wurde ein Rindenstreifen aus 90—115 cm Stammhöhe entnommen; es zeigte sich am 15. März der Wassergehalt der Rinde auf der Südseite zu 53,3 %, auf der Nordseite nur 52,0 %, also hier wieder die Nordseite wasserärmer, während bei einem vierten Versuch, wo nur die Südseite mit einer Schilfdecke geschützt worden, der Wassergehalt am 15. Mai auf der Südseite 53 %, auf der Nordseite 54,4 % betrug.

---

[1]) Das Erfrieren der Obstbäume. Deutsche allg. Z. f. Landwirthschaft, Gartenbau und Forstwesen 1882 v. 30. Juli.

Somit ergiebt sich, daß durch die Sonnenwärme die Baumrinde zu Ende des Winters (zu Anfang nicht) auf der Südseite wasserreicher ist, als auf der Nordseite.

Daß aber mit der Vermehrung des Rindenwassers eine Schwellung des Gewebes verbunden, ist durch G. Kraus [1]) experimentell erwiesen, der auch fand, daß abgeschnittene Aeste schon durch Temperaturerhöhung zu schwellen beginnen. Letzteres ist nur durch einen Uebertritt von Wasser aus dem Holze in die Rinde erklärlich. Andere Ursachen, wie Entgipfelung, Verdunkelung u. s. w. können ebenfalls eine Schwellung holziger Achsenorgane bedingen, und diese Schwellung wird bei verschiedenen Arten bald durch Wasseraufnahme des Holzes (von unten nach oben fortschreitend), bald durch wachsenden Wasserreichthum der Rinde oder beider Faktoren hervorgerufen. Der Vorgang der Wasseraufnahme aber ist ein verschiedener und hier besonders hervorzuhebender. Während nämlich das Holz sein Wasser in den Zellwandungen speichert, ohne dieselben wesentlich zu dehnen, wird das Wasser bei der Rinde und anderen parenchymatischen Geweben (Blätter, Knospen, Früchte) in das Zellinnere aufgenommen, vermehrt somit die Turgescenz des Gewebes, verdünnt aber nothwendigerweise auch den Zellinhalt und macht ihn frostempfindlicher.

Auf denselben Vorgängen beruht die Erscheinung, daß die Basis der Bäume über der Schneedecke bisweilen erfriert, während die höheren Stammtheile gesund bleiben. Die Bodenoberfläche wird erstens schneller warm und in der Nacht durch Strahlung intensiver kalt; die dem Boden unmittelbar anliegenden Luftschichten und die von ihnen umspülten Pflanzentheile sind demgemäß viel größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt. Es kommt hinzu, daß vielfach der Reflex der Sonnenstrahlen von der Bodenoberfläche oder anderen stark reflectirenden Flächen die einseitige Erwärmung des Rindenkörpers erhöht.

Ueber den Einfluß der Sonne auf die größere Leichtigkeit der Frostbeschädigungen mögen einige Beobachtungen von Nördlinger aus dem Winter 1879/80 als Beispiele dienen. [2]) In der Umgegend Stuttgarts ging in Folge des kalten Winters am Nordhange nicht eine einzige von den vielen Wellingtonien zu Grunde, während die Kälte den südlichen und mehr noch den südwestlichen Träufen der Gärten geschadet hatte. Bei Frühlingsfrösten fand Nördlinger vorzugsweise die Ost- und Südostseiten beschädigt; die Sonne geht im April und Mai schon so weit im Osten auf, daß ihre früh erweckende und dadurch schädigende Wirkung sich auch geltend macht. Im December und Januar dagegen erhebt sie sich so weit im Süden, daß die Morgenseiten

---

[1]) G. Kraus: Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze. III. Die tägliche Schwellungsperiode. Abh. d. naturf. Ges. zu Halle, Bd. XV. Bot. Jahresb. 1881, I., S. 8, Ref. 2.

[2]) Baumphysiologische Bedeutung des kalten Winters 1879/80. Illustrirte Gartenzeitung 1881.

versucht sein, diese Periodicität in eine gewisse Beziehung mit der bekannten 11jährigen Periode der Sonnenflecken, Gewitter, Nordlichter und cirrösen Bewölkung zu bringen.

Die meteorologischen Beobachtungen zeigen auch, daß die Nachtfröste in radienartiger Ausbreitung von dem im Nordnordwesten gelegenen Centrum ausstrahlen. In den meisten Fällen tritt im mittleren Schweden der Kälterückschlag zuerst, und zwar etwa am 11. Mai ein; dann folgen die südlichen Ostseeländer, für welche der 12. Mai gewöhnlich den Anfang macht. Brandenburg, Schlesien und Sachsen zeigen meist am 13., Westphalen und Rheinprovinz am 14., das östliche Frankreich am 15. und 16. Mai die Kälterückfälle.

Daß die Wirkungen der Frühjahrsfröste innerhalb kleiner Lokalitäten so wechselvoll, daß namentlich im Hügellande die an Abhängen stehenden Pflanzen oft weniger als die in der Tiefe wachsenden leiden und daß bei Bäumen manchmal die Basis erfriert, die Krone zunächst unbeschädigt bleibt, hat neuerdings wieder Woeikoff[1]) zum Gegenstand der Besprechung gemacht.

Es ist constatirt, daß in jeder klaren, die Ausstrahlung begünstigenden Nacht bei Windstille oder geringem Winde eine Inversion der Temperaturvertheilung, d. h. eine Wärmezunahme der Luft vom Boden bis zu einer gewissen Höhe stattfindet. Die durch Strahlung sich am meisten abkühlende Bodenoberfläche theilt allmählich ihre niedrige Temperatur den zunächst liegenden Luftschichten mit. Bei Hügellandschaften sinkt die am Abhange ebenfalls durch Strahlung sich abkühlende, schwere Luft auch noch in die Thäler, in denen sie nur sehr langsam thalabwärts fließen kann. Da die von dem Abhange entfernten Luftschichten innerhalb derselben Höhe weniger abgekühlt sind und zufließen müssen, wenn die kälteren, dicht am Gehänge liegenden hinunterströmen, so haben die Hügelabhänge überhaupt wärmere Luft als das Thal, dessen Luft durch seine Nachbarschaft mit viel größerer Bodenoberfläche schnell und intensiv sich abkühlt. Selbst wenn in einer gewissen Höhe Wind herrscht, ist es oft windstill in den Thälern und also grade recht günstig für die nächtliche Ausstrahlung. Den Hügeln aber bringen die Nachtwinde eine Luft, welche noch entfernter von der Oberfläche des Bodens und daher noch viel weniger erkaltet ist.

Am Tage aber bringen die Winde in die ohnehin schon durch die enge Berührung mit viel benachbartem Boden sehr durchwärmte Thalluft auch noch warme Luft, die sich bei dem Abfließen über die erwärmten Gehänge (pro 100 m fast um 1°) erhöht. Die horizontal an die Gehänge vom Winde herange-

---

[1]) A. Woeikoff: Ueber die Größe der täglichen Wärmeschwankung in ihrer Abhängigkeit von den Lokalverhältnissen. Zeitschr. d. österr. Ges. f. Meteorol. 1883, Bd. XVIII. Juniheft, cit. in Wollny's Forschungen auf d. Geb. d. Agrikulturphys., 1883, S. 492.

triebene Ersatzluft ist um so kälter, je weiter sie von jeglicher Bodenfläche entfernt gewesen, und kühlt in Folge dessen die Hügel um so mehr ab.

Daraus erklärt sich im Herbste das spätere Erfrieren zarter Pflanzen in höheren Lagen. In Südfrankreich pflanzt man in Lokalitäten, in denen Fröste zu fürchten sind, die Olivenbäume nicht in Thäler, sondern nur von einer gewissen Höhe an längs der Gehänge; ebenso ist auch in der Provinz San-Paulo in Brasilien bemerkt worden, daß die Kaffeebäume nur in Mulden zwischen den Hügeln erfrieren.

Je isolirter und höher ein Berg ist, desto mehr nimmt die ihm anlagernde Luftschicht an den Verhältnissen der freien Luft theil. Die Amplitude der Temperatur ist noch kleiner als auf den Hügeln. In der Nacht ist die Abkühlung relativ gering wegen der geringen Oberfläche, welche erkaltet, und wegen des freien Abzuges der erkalteten Luft längs der Abhänge; am Tage ist die Erwärmung geringer wegen der geringen, festen Oberfläche der Bergspitze, welche die Sonnenstrahlen auffängt.

Sehr tiefe, enge Thäler mit steilen Rändern können sich nicht so stark erwärmen und abkühlen, wie flache Thalsohlen, weil die Strahlen fangende und ausstrahlende Fläche klein ist und sich die von den steilen, langen Gehängen herunterfließende Luft auf ihrem langen Wege mehr erwärmt.

Man sieht daraus, daß bei der Beobachtung der Frostlagen auch die relativen Größenverhältnisse in der Bodenconfiguration von Gewicht sind und bei scheinbar einander widersprechenden Resultaten zur Erklärung herangezogen werden müssen.

Eine besondere Beachtung verdient auch die Niederschlagsmenge der den Rückflußperioden vorhergehenden Zeit. Geht nasse Witterung vorher, so wird ein tief durchtränkter Boden weniger leicht klare Nächte zu Stande kommen lassen, welche durch erhöhte Ausstrahlung das Sinken der Temperatur unter den Gefrierpunkt im Mai wohl ausschließlich ermöglichen. Geht dagegen ein sehr trockner April voran, tritt der Kälterückschlag in sehr großer Schärfe auf.

Die verhältnißmäßig kurze Dauer der Frostperiode im Mai erklärt sich aus dem Umstände, daß durch den vom Meere einfließenden, kalten Luftstrom das nur oberflächlich erwärmt gewesene Land bald abgekühlt und durch Strahlung vorübergehend wieder kälter wird, als das Meer. Wir sehen deßhalb das Gebiet des höchsten Luftdruckes bald auf das Land übertreten und somit einen Landwind entstehen, wie er im Winter stattfindet. Dieser, für die Jahreszeit nicht normale Zustand ändert sich wieder durch die baldige größere Erwärmung des Landes. Damit treten auch wieder Kälterückfälle ein, die bis in die erste Hälfte des Juni hinein thatsächlich wahrnehmbar sind, aber in der Regel nicht mehr schaden, da sie bei der größeren Allgemeinwärme nun nicht mehr bis zu Temperatur-Erniedrigungen auf den Eispunkt führen. Nur

sehr trockne Maimonate mit klaren Nächten werden Fröste gegen Ende Mai und Anfang des Juni herbeiführen.

Zur Voraussage eines Frühjahrsfrostes ist die Beobachtung des Thaupunktes unerläßlich. Thaupunkt ist bekanntlich derjenige Punkt, bis zu welchem die Temperatur sich abkühlen muß, ehe Verdichtung des in ihr enthaltenen Wasserdampfes stattfinden kann. Da schwerere Spätfröste nur bei wolkenlosem Himmel auftreten, so wird eine bedeutende Trockenheit der Luft und mit ihr eine niedrige Lage des Thaupunktes (ersichtlich aus der großen Differenz des trocknen und feuchten Thermometers) ein Zeichen sein, daß Wolkenbildung sich schwerlich einstellen wird und daher eine starke Abkühlung durch Strahlung in Aussicht steht. Liegt der Thaupunkt schon am Nachmittage unter 0°, so ist ein Frost in der folgenden Nacht sicher zu erwarten, namentlich wenn die Temperatur an einem vom Boden weit entfernten Thermometer gemessen worden ist.[1]) Die Temperatur der Luft über einer mit Pflanzen bestandenen Fläche ist nämlich 5 cm über dem Boden um 4—6° kälter, als bei etwa 2 m Höhe.

Wenn erst der kalte Luftstrom auf feuchte Luftschichten trifft, ist die Gefahr des Erfrierens der Pflanzen bereits gemindert und selbst dann nicht so groß, wenn wirklich der Thaupunkt unterhalb des Gefrierpunktes liegt. Der niedergeschlagene Wasserdampf wird dann nicht als Thau, sondern als Reif, in Form feiner Eisnadeln auftreten. Da die Verdunstung eine um so größere ist, je größer die Oberfläche eines Gegenstandes, so werden Pflanzen und rauhe Gegenstände mehr bereift erscheinen, als glatte Körper. Der Reif selbst ist aber ein mächtiges Mittel gegen die weitere Abkühlung des Pflanzentheiles selbst. Wenn feuchte Aecker seltener erfrieren, als trockne, so liegt dies an der frühzeitigen Bildung von Nebel, welcher der Ausstrahlung entgegenwirkt. Der Thaupunkt tritt früher ein und zwar oft schon vor der Zeit, in welcher die Temperaturerniedrigung den Gefrierpunkt erreicht hat. Dadurch wirken auch **Wasserflächen schützend.**

Selbstverständlich hat auch der **Thau** denselben schützenden Einfluß, indem er die Abkühlung mäßigt und zuweilen aufhält. Alle Abkühlung erfolgt durch Strahlung allein, wenn der Körper trocken ist, und durch Strahlung und Verdunstung bei feuchten Körpern. Befeuchtete Körper werden sich daher schneller abkühlen, als die identischen trocknen, also auch schneller bethauen. Die Condensation, welche während der Ablagerung des Thaues stattfindet, bildet ein Hinderniß für die Abkühlung; indem sich das Wasser wieder bildet, ersetzt es die Wärme, welche beim Verdampfen entnommen. Jedes Gramm Thau, welches sich niederschlägt, erwärmt 2 cbm Luft um 1°.[2]) Die Strahlung dauert

---

[1]) **Aßmann:** Das Erfrieren der Pflanzen, Monatsschrift für praktische Witterungskunde. Magdeburg, Mai 1882.

[2]) **Jamin:** Beitrag zur Theorie der Thaubildung. Nach Journal de physique in Wollny's Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik 1880, S. 106.

fort, ohne daß die Temperatur sinkt; sie wird unterhalten durch eine äquivalente Wärmeproduktion in Folge der Condensation. Und wenn endlich die Strahlung und Abkühlung zu sehr überhand nehmen, enthält das niedergeschlagene Wasser noch 79 Cal. in Reserve bis zu dem Moment, wo es friert, und bevor die Pflanzen die Temperatur Null überschreiten. Die latente Wärme des Wassers (gleich 600 Cal.) ist 2553 mal größer als die spezifische Wärme der Luft, die = 0,237 berechnet ist.

o) Einfluß verschiedenen Wassergehaltes.

Bei Durchmusterung größerer Baumanlagen, welche durch Fröste beschädigt, zeigt sich fast immer, daß entweder einzelne Baumseiten und zwar vorzugsweise die Südost-, Süd- oder Südwestseiten gelitten haben, oder daß auch auf derselben Seite einzelne Zweige abgestorben, ja daß an demselben Zweige einzelne Stellen zwischen gesundem Gewebe angegriffen erscheinen.

Man ersieht daraus, daß derselbe Temperaturgrad der Luft sehr ungleichmäßig wirken kann, und man ist daher gezwungen, in denjenigen Fällen, in denen sich äußere, schützende Einflüsse nicht nachweisen lassen, die Ursache einer solchen Frostwirkung auf beschränkte Bezirke desselben Individuums auf innere, begünstigende Umstände zurückzuführen. In dieser Beziehung nun dürften die reichen Messungsergebnisse von G. Kraus zur Erklärung heranzuziehen sein. Der das volle Vertrauen verdienende Beobachter fand, daß zu jeder Zeit des Jahres die Baumrinde täglich regelmäßige Schwankungen des Wassergehaltes und damit in Verbindung verschiedene Spannungs- und Ausdehnungsverhältnisse aufweist. Der Wassergehalt der Rinde ist in den Morgenstunden am größten; dementsprechend ist auch die Rindenspannung eine erhöhte und der Dickendurchmesser der Bäume am größten, weil die Rinde durch den Wasserzufluß (der aus dem Holze kommt) kürzer und dicker wird. Alle diese Erscheinungen sinken bei Laub- und Nadelhölzern im belaubten und unbelaubten Zustande zu jeder Jahreszeit im Laufe eines jeden Tages, um gegen Abend und während der Nacht wieder zuzunehmen.

Neben dieser Periodicität aber läßt sich beobachten, daß eine Erwärmung des Stammes oder Zweiges Wasser aus dem Holze nach der Rinde treibt, und zwar auch in denjenigen Fällen, in welchen von der Wurzel her kein neues Wasser im Holzkörper aufsteigen kann, also an abgeschnittenen Aesten.[1])

Wenn nun eine Temperaturerhöhung Wasser aus dem Holzkörper in die Rinde treibt, dieselbe also wasserreicher macht, wenn ferner nachgewiesen, daß ein höherer Wassergehalt eines Organes, also ein minder concentrirter Zellinhalt Ursache einer Froststörung sein kann, die an einem gleichnamigen und gleichartigen, aber wasserärmeren Organe nicht eintritt, dann handelt es sich

[1]) Gregor Kraus: Ueber die Wasservertheilung in d. Pflanze. I. Halle, Niemeyer 1879.

Diese Untersuchungen beziehen sich auf gleichartige Holztriebe. Nun ist aber der Charakter der einzelnen Sprossen eines Baumes sehr verschieden, je nachdem es ein Holzzweig oder Fruchtzweig und je nachdem es bei unsern Obstbäumen ein Wildstamm oder eine hochgradige Kultursorte ist. Ich fand durch direkte Messung unter dem Mikroskope, daß bei den Kulturvarietäten der Holzring einen kleineren Theil des Dickendurchmessers eines Zweiges bildet, als bei den Wildlingen. Während bei den einjährigen Holzzweigen unserer Obstbäume sich das Verhältniß der Dicke des Holzringes zum Markkörper etwa ebenso stellt, wie das des Rindenkörpers, wird bei den Fruchttrieben die Rinde etwa doppelt so dick.

Ueber die Verschiedenartigkeit in der Betheiligung der einzelnen Gewebeformen am Aufbau des einzelnen Internodiums werden wir später noch zu sprechen haben. Das Vorstehende genügt, zu zeigen, wie ungleichartig aufgebaut die einjährigen Zweige sind, mit denen ein Baum alljährlich der Winterkälte entgegentritt.

Um die Holzreife zu beschleunigen, wird sich ein möglichst luftiger Standort, Verminderung der Wasserzufuhr und künstliche Herbeiführung des Ruhezustandes durch Entspitzen, event. Entblättern zum Herbstanfang empfehlen.

Abhängigkeit der Frostwirkung von der Orientirung der Baumseiten.

Die meisten Frostschäden an Bäumen zeigen sich auf der Süd- und Südostseite; man erklärt sich diese Erscheinung durch ein schnelleres Aufthauen in Folge der energischeren Sonnenwirkung. In wie weit diese Anschauung begründet, ergiebt sich aus Beobachtungen von Müller-Thurgau.[1]) Derselbe fand bisweilen schon an sonnigen Wintertagen die Südseite der Bäume um 10° wärmer als die Nordseite. Daraus ersieht man, daß durchschnittlich schon im Februar die Lebensthätigkeit des Gewebes der Südseite weit energischer bereits geweckt sein wird. Der Wassergehalt der Rinde betrug z. B. bei einem in 80 cm Stammhöhe entnommenen Streifen einer Hauszwetsche 53,8 % auf der Südseite und nur 48,5 % auf der Nordseite. Bei einem anderen Baume derselben Sorte, der rings mit Schilf eingebunden war, erwies sich zu derselben Zeit (15. März) der Wassergehalt auf der Südseite 51,5 %, auf der Nordseite 51,3 %. Von der Frankfurter Pfirsich-Zwetsche, welche ebenfalls seit dem 12. December ringsum durch Schilf geschützt war, wurde ein Rindenstreifen aus 90—115 cm Stammhöhe entnommen; es zeigte sich am 15. März der Wassergehalt der Rinde auf der Südseite zu 53,3 %, auf der Nordseite nur 52,0 %, also hier wieder die Nordseite wasserärmer, während bei einem vierten Versuch, wo nur die Südseite mit einer Schilfdecke geschützt worden, der Wassergehalt am 15. Mai auf der Südseite 53 %, auf der Nordseite 54,4 % betrug.

---

[1]) Das Erfrieren der Obstbäume. Deutsche allg. Z. f. Landwirthschaft, Gartenbau und Forstwesen 1882 v. 30. Juli.

Somit ergiebt sich, daß durch die Sonnenwärme die Baumrinde zu Ende des Winters (zu Anfang nicht) auf der Südseite wasserreicher ist, als auf der Nordseite.

Daß aber mit der Vermehrung des Rindenwassers eine Schwellung des Gewebes verbunden, ist durch G. Kraus [1]) experimentell erwiesen, der auch fand, daß abgeschnittene Aeste schon durch Temperaturerhöhung zu schwellen beginnen. Letzteres ist nur durch einen Uebertritt von Wasser aus dem Holze in die Rinde erklärlich. Andere Ursachen, wie Entgipfelung, Verdunkelung u. s. w. können ebenfalls eine Schwellung holziger Achsenorgane bedingen, und diese Schwellung wird bei verschiedenen Arten bald durch Wasseraufnahme des Holzes (von unten nach oben fortschreitend), bald durch wachsenden Wasserreichthum der Rinde oder beider Faktoren hervorgerufen. Der Vorgang der Wasseraufnahme aber ist ein verschiedener und hier besonders hervorzuhebender. Während nämlich das Holz sein Wasser in den Zellwandungen speichert, ohne dieselben wesentlich zu dehnen, wird das Wasser bei der Rinde und anderen parenchymatischen Geweben (Blätter, Knospen, Früchte) in das Zellinnere aufgenommen, vermehrt somit die Turgescenz des Gewebes, verdünnt aber nothwendigerweise auch den Zellinhalt und macht ihn frostempfindlicher.

Auf denselben Vorgängen beruht die Erscheinung, daß die Basis der Bäume über der Schneedecke bisweilen erfriert, während die höheren Stammtheile gesund bleiben. Die Bodenoberfläche wird erstens schneller warm und in der Nacht durch Strahlung intensiver kalt; die dem Boden unmittelbar anliegenden Luftschichten und die von ihnen umspülten Pflanzentheile sind demgemäß viel größeren Temperaturschwankungen ausgesetzt. Es kommt hinzu, daß vielfach der Reflex der Sonnenstrahlen von der Bodenoberfläche oder anderen stark reflectirenden Flächen die einseitige Erwärmung des Rindenkörpers erhöht.

Ueber den Einfluß der Sonne auf die größere Leichtigkeit der Frostbeschädigungen mögen einige Beobachtungen von Nördlinger aus dem Winter 1879/80 als Beispiele dienen. [2]) In der Umgegend Stuttgarts ging in Folge des kalten Winters am Nordhange nicht eine einzige von den vielen Wellingtonien zu Grunde, während die Kälte den südlichen und mehr noch den südwestlichen Träufen der Gärten geschadet hatte. Bei Frühlingsfrösten fand Nördlinger vorzugsweise die Ost- und Südostseiten beschädigt; die Sonne geht im April und Mai schon so weit im Osten auf, daß ihre früh erweckende und dadurch schädigende Wirkung sich auch geltend macht. Im December und Januar dagegen erhebt sie sich so weit im Süden, daß die Morgenseiten

[1]) G. Kraus: Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze. III. Die tägliche Schwellungsperiode. Abh. d. naturf. Ges. zu Halle, Bd. XV. Bot. Jahresb. 1881, I., S. 8, Ref. 2.

[2]) Baumphysiologische Bedeutung des kalten Winters 1879/80. Illustrirte Gartenzeitung 1881.

der Gewächse noch nicht wesentlich erwärmt werden können, sondern erst die Mittagseiten, die N. an den unempfindlichsten Holzarten wie Kiefer, Weymouthskiefer und Fichte beschädigt fand. So zeigten sich nicht selten an aufrechten Sprossen dieser Bäume, dem Mittagsstande der Sonne entsprechend, in einem schmalen, senkrechten Streifen die Nadeln getödtet und roth geworden. An Taxus, Cupressus Lawsoniana, Thuja, Juniperus, Buxus war nur die Nachmittagsseite roth oder weiß geworden; viele Obstbäume zeigten grade auf dieser Seite einen Verlust der Aeste.

Nun kommen aber auch West- und Südwestbeschädigungen an Bäumen vor; diese führt Nördlinger auf Sonnenbrand im Hochsommer, wo das Wärmemaximum am meisten nach Westen kommt, zurück und nennt die oben geschilderten Winterbeschädigungen: „Wintersonnenbrand".

Da die Beschädigungen bei verschiedenen Bäumen verschiedenen Charakter (Rindenrisse, Frostplatten ꝛc.) haben, so wird ein allgemeiner Name hier nicht am Platze sein.

Jedes geringe Schutzmittel gegen die starke Besonnung wird hier schon von Nutzen sein; eine nördliche Lage das beste Vorbeugungsmittel darstellen. Sehr nützlich erweist sich das Setzen der Baumpfähle auf die Südseite des jungen Baumes.

Beschädigung der Stengelbasis durch Bodenfrost.

Auf eine durch Gefrieren des Bodens erklärbare Erscheinung an Sämlingen von Fichten und Tannen macht R. Hartig[1]) aufmerksam. Die im Laufe des Sommers vertrockneten Pflänzchen zeigten am hypocotylen Stengel, etwa in der Höhe der Bodenoberfläche eine Einschnürung, an welcher die Rinde gänzlich eingetrocknet war. Darüber war, wie bei einer Schnürwunde, der Stengel angeschwollen. Da äußere Verletzungen oder Parasiten als Ursache der Erscheinung nicht nachweisbar waren, liegt die Vermuthung nahe, daß bei einem Spätfrost die wasserreiche, oberste Bodenlage durch ihre Ausdehnung das Cambium der Pflänzchen zerquetscht habe. In dem angeführten Falle ließ sich auch nachträglich feststellen, daß es vom 9—13. Mai geregnet und am 15. ein Frost sich eingestellt hatte. Aßmann[2]) erwähnt ebenfalls den mechanischen Druck auf zarte Pflanzen, den bei Eintritt der Maifröste der bei dem Gefrieren sich ausdehnende, nasse Boden auf die Stengelbasis ausübt.

Wir möchten hierbei eine Beobachtung v. Mohl[3]) über Eisnadelbildung an der Bodenoberfläche anschließen. Im November 1859 sah Mohl im Schwarzwalde den bereits von Caspary[4]) erwähnten, nach den Angaben dieses Forschers

[1]) Bot. Centralbl. 1884, Nr. 15, S. 63.

[2]) Aßmann: Die Nachtfröste des Monats Mai. Magdeburgische Zeitung 1881, 19. Juni.

[3]) Bot. Zeit. 1860, S. 16.

[4]) Bot. Zeit. 1854, S. 673.

von le Conte zuerst beobachteten Vorgang einer Bildung säulenförmiger, senkrecht aus dem Boden aufschießender Eisnadeln (Kammeisbildung). Nach vorausgegangenem Regenwetter war eine heitere Frostnacht eingetreten, und nun zeigten die von Vegetation entblößten Stellen des Bodens theils isolirte, meist aber massenweis beisammenstehende und hier und da aneinandergefrorene Eisfäden von der Dicke einer Nähnadel bis zu der eines schwachen Federkiels und von 2—5 cm Länge.

Man kann sich die Entstehung dieser Nadeln kaum anders denken, sagt Mohl, als daß während der Erstarrung des Wassers in den äußersten Endigungen der den Boden durchziehenden, leeren Räume ein beständiges, schwaches Nachsickern von Wasser stattgefunden hat, durch welches das Material zu vollständigem Ansatze neuen Eises am Grunde der Nadeln geliefert wurde. Ebenso kann man sich die Bildung von Eisschichten an der Grenze des von wässerigen Säften durchdrungenen, aber selbst nicht gefrorenen Gewebes vorstellen; es mag dabei auch die durch die Kälte bewirkte Contraction der Rinde den nöthigen Druck hergeben, um ein langsames Austreten des Saftes aus den Zellen zu bewirken.

n) Abhängigkeit der Beschädigung von der Zeit des Frosteintritts.

Die Gestalt der Frostbeschädigungen ist ungemein verschieden. Außer dem gänzlichen Absterben von Zweigen durch direktes Erfrieren des ganzen Theiles sehen wir bisweilen ein nachträgliches Hinsterben belaubter Aeste in Folge einer Frostzerstörung des Gewebes an der Basis des Astes allein. An Stämmen und Aesten tritt ein einseitiges, stellenweises Erfrieren und Absterben des Rindenkörpers incl. des Cambiums und ein Auftrocknen der gestorbenen Parthie auf den Holzkörper auf. In anderen Fällen entstehen bei derselben Baumart Risse in der Rinde, die zu klaffenden Wundrändern Veranlassung geben, oder es zeigen sich Holzspalten, die sich wieder schließen und durch vorspringende Leisten vernarben u. s. w.

Diese verschiedenen Formen erklären sich durch den Zustand des Baumes zur Zeit des Eintritts der Störung.

Wenn der Baum in vollständige Winterruhe eingetreten ist, befindet er sich in dem Stadium seiner größten Widerstandsfähigkeit. Hier werden nur hohe Kältegrade von Einfluß sein; die Kälte wird tief in die Gewebe eindringen; in Folge dessen entstehen große Spannungsdifferenzen im Holzkörper, der nun durch tiefgehende Sprünge zerklüftet wird. Hierbei ist die Sonnenwirkung ausgeschlossen. Je näher der Frosteintritt der Frühjahrszeit rückt, um so mehr treten Differenzen in dem Erwachen der Baumtheile durch die sich geltend machende Zunahme der Besonnung hervor und desto mehr treten die Rindenbeschädigungen in den Vordergrund; sie äußern sich im Absterben großer Rindenparthien, die später ganz allmählich durch ein Unterschieben der

von den gesunden Seiten herkommenden, schmalen Ueberwallungsränder abgehoben werden. Je mehr die Thätigkeit des Cambiumringes erwacht, die Reservestoffe mobilisirt, die Rinden-Turgescenz gehoben, die Schwankungen der täglichen Schwellungsperioden des Stammes energischer werden, um so frostempfindlicher wird der Baum. Es genügen geringe Kältegrade zur Erzeugung großer, plötzlicher Spannungsdifferenzen im strotzenden Rindenkörper, in Folge dessen größere oder geringere Rindenrisse auftreten, die sofort bei der schnell eintretenden, normalen, warmen Witterung mit starken, wulstigen Ueberwallungsrändern zu heilen beginnen.

Endlich bei den Maifrösten kommen die Zweige des Vorjahres nur noch mittelbar in Betracht, und die Hauptzerstörungen findet man in den diesjährigen Produktionen. Der Heilungsprozeß der verschiedenen Frostwunden wird um so schneller eingeleitet werden, je mehr die Verletzung der Zeit des Laubausbruchs nahe rückt.

Die Form der Heilungsbildungen resp. der Ueberwallungsränder wird bei gleichem Nährstoffmaterial im Stamm von der Zahl der vorhandenen Vegetationsheerde abhängen. Wenn wenige Neubildungsheerde für das mobilisirte, plastische Material zur Verfügung stehen, werden sehr üppige Ueberwallungsränder auftreten. Sind die Frostwunden im Winter entstanden, wo sie vorzugsweise den Holzkörper treffen, so erwachen die meisten Zweigknospen und verbrauchen gleichmäßig das Reservematerial. Die Ueberwallungsränder der Frostwunden sind dann langsam wachsende und daher dauerhafte Produktionen von geringer Mächtigkeit. Die Mai- und Juniverletzungen dagegen werden unter Umständen mit außergewöhnlich üppigen Ueberwallungsrändern sich schließen.

Maifrost.

Allbekannt und gefürchtet sind die „gestrengen Herren", jene Frosttage in der Mitte des Maimonats, deren regelmäßiges Auftreten Gegenstand vieler Hypothesen gewesen ist. In neuester Zeit sind einzelne Forscher unabhängig von einander zu der sehr einfachen Lösung gelangt, daß die Kältewelle im Mai auf die Luftdruckänderungen, die das Frühjahr im Siege über die Winterzeit mit sich bringt, zurückzuführen ist.[1])

Es tauschen, sagt v. Bezold, im Frühjahr das Meer und der Continent ihre Wärme- und Luftdruckverhältnisse, und dieser Tausch ist die Ursache des auftretenden Kältestromes. Wenn nämlich im Frühjahr die Erwärmung unserer Erdhälfte von Süden her beginnt, dann spielt zunächst die Balkanhalb-

[1]) R. Aßmann, W. v. Bezold und J. van Bebber. Die Kälterückfälle im Mai. Magdeburgische Zeitung 1881. Abhandl. d. kgl. Baierischen Akad. d. Wiss. II. Cl., Bd. XIV, Abth. II. — Zeitschr. d. österr. Ges. f. Meteorol. 1883, Bd. XVIII. Maiheft, cit. in „Naturforscher" 1883, Nr. 30 und Wollny's Forschungen auf d. Geb. d. Agrikulturphysik, Bd. VI, Heft 5, S. 480.

insel mit dem im Norden derselben zwischen Adria und schwarzem Meere liegenden Hinterlande bis zu den Karpathen die Rolle eines kleinen vorgeschobenen Continents. Namentlich die ungarische Tiefebene bildet bei der schnell vor sich gehenden Erwärmung einen Heerd für die Entstehung einer stark erwärmten Luftsäule. Die Erwärmung der Luftsäule ist, wie Aßmann sagt, gleichbedeutend mit einer Lockerung der Luft, also einem niedrigen Barometerstande. Im Westen Europa's wird aber die gleiche Menge Sonnenwärme in anderer Weise verwendet. Hier wird die größte Wärmemenge vom Meere zur langsamen Erwärmung der großen Wassermassen verbraucht. Die Luft bleibt also zu der Zeit, in welcher der Continent schon erwärmt ist, kühl und dadurch dicht und angehäuft über dem Meere, verursacht somit hohen Barometerstand. Um diese Zeit ist also die Differenz zwischen schwerer, kalter Meerluft und warmer Landluft die denkbar größte. Im Winter ist die Differenz umgekehrt; im Frühjahr vor der intensiven Landerwärmung ist sie wenig merklich und später gegen den Sommer hin mit der fortschreitenden Erwärmung des Meeres auch wieder geringer. In der Mitte des Maimonats aber so groß, daß ein plötzlicher, energischer Ausgleichungsstoß erfolgen muß, und das ist die von NW. herkommende Kältewelle. Diese theoretische Erwägung wird durch Aßmann und van Bebber, der die Beobachtungen von 9 Jahren (1874—82) zusammenfaßt, thatsächlich begründet. Hiernach ergiebt sich durchschnittlich am 10. Mai ein Luftdruckmaximum im NW. der brittischen Inseln, welches in den folgenden Tagen langsam nach SO. abfließt, während im hohen Norden eine Depression erscheint, die ihren Einfluß über Skandinavien und Nordcentraleuropa ausbreitet. Der tiefste Luftdruck zeigt sich wirklich beständig über Südosteuropa. Die Entwicklung des kalten, nördlichen Luftstromes ist am 10. und 11. Mai am lebhaftesten. Wenn das Maximum weiter nach Süden fortschreitet und die Depression sich von Norden her weiter ausbreitet, hat das Phänomen sein Ende erreicht. Selbstverständlich sind es nicht immer genau dieselben Tage in jedem Jahre, in welchem der Ausgleich stattfindet; jedoch ist es nach der Zusammenstellung, welche Aßmann über die Frühjahrsfröste für Magdeburg aus dem Zeitraume von 1825—81 gemacht hat, doch der größte Prozentsatz, der in die mittleren Pentaden des Mai fällt. Innerhalb des erwähnten Zeitraumes fielen von sämmtlichen Frühjahrsfrösten zwischen 1. bis 5. Mai 23 %, zwischen 6. und 10. Mai 25 %, zwischen 11. bis 15. Mai 27 %, zwischen 16. und 20. Mai 15 %, zwischen 21. bis 25. Mai 5 % und zwischen 26. und 31. Mai 3 %. Im Allgemeinen betrachtet, zeigt das Phänomen gewisse Perioden größerer Intensität.[1]) Dieselben liegen ungefähr 9 bis 10 Jahre auseinander, und zwischen ihnen ist eine entschieden mildere Periode bemerkbar. Wenn die älteren Beobachtungen zweifellos wären, könnte man

[1]) Magdeburgische Zeitung vom 19./20. Juni 1881.

versucht sein, diese Periodicität in eine gewisse Beziehung mit der bekannten 11jährigen Periode der Sonnenflecken, Gewitter, Nordlichter und cirrösen Bewölkung zu bringen.

Die meteorologischen Beobachtungen zeigen auch, daß die Nachtfröste in radienartiger Ausbreitung von dem im Nordnordwesten gelegenen Centrum ausstrahlen. In den meisten Fällen tritt im mittleren Schweden der Kälterückschlag zuerst, und zwar etwa am 11. Mai ein; dann folgen die südlichen Ostseeländer, für welche der 12. Mai gewöhnlich den Anfang macht. Brandenburg, Schlesien und Sachsen zeigen meist am 13., Westphalen und Rheinprovinz am 14., das östliche Frankreich am 15. und 16. Mai die Kälterückfälle.

Daß die Wirkungen der Frühjahrsfröste innerhalb kleiner Lokalitäten so wechselvoll, daß namentlich im Hügellande die an Abhängen stehenden Pflanzen oft weniger als die in der Tiefe wachsenden leiden und daß bei Bäumen manchmal die Basis erfriert, die Krone zunächst unbeschädigt bleibt, hat neuerdings wieder Woeikoff[1]) zum Gegenstand der Besprechung gemacht.

Es ist constatirt, daß in jeder klaren, die Ausstrahlung begünstigenden Nacht bei Windstille oder geringem Winde eine Inversion der Temperaturvertheilung, d. h. eine Wärmezunahme der Luft vom Boden bis zu einer gewissen Höhe stattfindet. Die durch Strahlung sich am meisten abkühlende Bodenoberfläche theilt allmählich ihre niedrige Temperatur den zunächst liegenden Luftschichten mit. Bei Hügellandschaften sinkt die am Abhange ebenfalls durch Strahlung sich abkühlende, schwere Luft auch noch in die Thäler, in denen sie nur sehr langsam thalabwärts fließen kann. Da die von dem Abhange entfernten Luftschichten innerhalb derselben Höhe weniger abgekühlt sind und zufließen müssen, wenn die kälteren, dicht am Gehänge liegenden hinunterströmen, so haben die Hügelabhänge überhaupt wärmere Luft als das Thal, dessen Luft durch seine Nachbarschaft mit viel größerer Bodenoberfläche schnell und intensiv sich abkühlt. Selbst wenn in einer gewissen Höhe Wind herrscht, ist es oft windstill in den Thälern und also grade recht günstig für die nächtliche Ausstrahlung. Den Hügeln aber bringen die Nachtwinde eine Luft, welche noch entfernter von der Oberfläche des Bodens und daher noch viel weniger erkaltet ist.

Am Tage aber bringen die Winde in die ohnehin schon durch die enge Berührung mit viel benachbartem Boden sehr durchwärmte Thalluft auch noch warme Luft, die sich bei dem Abfließen über die erwärmten Gehänge (pro 100 m fast um 1°) erhöht. Die horizontal an die Gehänge vom Winde herange-

---

[1]) A. Woeikoff: Ueber die Größe der täglichen Wärmeschwankung in ihrer Abhängigkeit von den Lokalverhältnissen. Zeitschr. d. österr. Ges. f. Meteorol. 1883, Bd. XVIII. Juniheft, cit. in Wollny's Forschungen auf d. Geb. d. Agrikulturphys., 1883, S. 492.

triebene Ersatzluft ist um so kälter, je weiter sie von jeglicher Bodenfläche entfernt gewesen, und kühlt in Folge dessen die Hügel um so mehr ab.

Daraus erklärt sich im Herbste das spätere Erfrieren zarter Pflanzen in höheren Lagen. In Südfrankreich pflanzt man in Lokalitäten, in denen Fröste zu fürchten sind, die Olivenbäume nicht in Thäler, sondern nur von einer gewissen Höhe an längs der Gehänge; ebenso ist auch in der Provinz San-Paulo in Brasilien bemerkt worden, daß die Kaffeebäume nur in Mulden zwischen den Hügeln erfrieren.

Je isolirter und höher ein Berg ist, desto mehr nimmt die ihm anlagernde Luftschicht an den Verhältnissen der freien Luft theil. Die Amplitude der Temperatur ist noch kleiner als auf den Hügeln. In der Nacht ist die Abkühlung relativ gering wegen der geringen Oberfläche, welche erkaltet, und wegen des freien Abzuges der erkalteten Luft längs der Abhänge; am Tage ist die Erwärmung geringer wegen der geringen, festen Oberfläche der Bergspitze, welche die Sonnenstrahlen auffängt.

Sehr tiefe, enge Thäler mit steilen Rändern können sich nicht so stark erwärmen und abkühlen, wie flache Thalsohlen, weil die Strahlen fangende und ausstrahlende Fläche klein ist und sich die von den steilen, langen Gehängen herunterfließende Luft auf ihrem langen Wege mehr erwärmt.

Man sieht daraus, daß bei der Beobachtung der Frostlagen auch die relativen Größenverhältnisse in der Bodenconfiguration von Gewicht sind und bei scheinbar einander widersprechenden Resultaten zur Erklärung herangezogen werden müssen.

Eine besondere Beachtung verdient auch die Niederschlagsmenge der den Rückflußperioden vorhergehenden Zeit. Geht nasse Witterung vorher, so wird ein tief durchtränkter Boden weniger leicht klare Nächte zu Stande kommen lassen, welche durch erhöhte Ausstrahlung das Sinken der Temperatur unter den Gefrierpunkt im Mai wohl ausschließlich ermöglichen. Geht dagegen ein sehr trockner April voran, tritt der Kälterückschlag in sehr großer Schärfe auf.

Die verhältnißmäßig kurze Dauer der Frostperiode im Mai erklärt sich aus dem Umstände, daß durch den vom Meere einfließenden, kalten Luftstrom das nur oberflächlich erwärmt gewesene Land bald abgekühlt und durch Strahlung vorübergehend wieder kälter wird, als das Meer. Wir sehen deßhalb das Gebiet des höchsten Luftdruckes bald auf das Land übertreten und somit einen Landwind entstehen, wie er im Winter stattfindet. Dieser, für die Jahreszeit nicht normale Zustand ändert sich wieder durch die baldige größere Erwärmung des Landes. Damit treten auch wieder Kälterückfälle ein, die bis in die erste Hälfte des Juni hinein thatsächlich wahrnehmbar sind, aber in der Regel nicht mehr schaden, da sie bei der größeren Allgemeinwärme nun nicht mehr bis zu Temperatur-Erniedrigungen auf den Eispunkt führen. Nur

sehr trockne Maimonate mit klaren Nächten werden Fröste gegen Ende Mai und Anfang des Juni herbeiführen.

Zur Voraussage eines Frühjahrsfrostes ist die Beobachtung des Thaupunktes unerläßlich. Thaupunkt ist bekanntlich derjenige Punkt, bis zu welchem die Temperatur sich abkühlen muß, ehe Verdichtung des in ihr enthaltenen Wasserdampfes stattfinden kann. Da schwerere Spätfröste nur bei wolkenlosem Himmel auftreten, so wird eine bedeutende Trockenheit der Luft und mit ihr eine niedrige Lage des Thaupunktes (ersichtlich aus der großen Differenz des trocknen und feuchten Thermometers) ein Zeichen sein, daß Wolkenbildung sich schwerlich einstellen wird und daher eine starke Abkühlung durch Strahlung in Aussicht steht. Liegt der Thaupunkt schon am Nachmittage unter 0^{0}, so ist ein Frost in der folgenden Nacht sicher zu erwarten, namentlich wenn die Temperatur an einem vom Boden weit entfernten Thermometer gemessen worden ist.[1]) Die Temperatur der Luft über einer mit Pflanzen bestandenen Fläche ist nämlich 5 cm über dem Boden um 4—6^{0} kälter, als bei etwa 2 m Höhe.

Wenn erst der kalte Luftstrom auf feuchte Luftschichten trifft, ist die Gefahr des Erfrierens der Pflanzen bereits gemindert und selbst dann nicht so groß, wenn wirklich der Thaupunkt unterhalb des Gefrierpunktes liegt. Der niedergeschlagene Wasserdampf wird dann nicht als Thau, sondern als Reif, in Form feiner Eisnadeln auftreten. Da die Verdunstung eine um so größere ist, je größer die Oberfläche eines Gegenstandes, so werden Pflanzen und rauhe Gegenstände mehr bereift erscheinen, als glatte Körper. Der Reif selbst ist aber ein mächtiges Mittel gegen die weitere Abkühlung des Pflanzentheiles selbst. Wenn feuchte Aecker seltener erfrieren, als trockne, so liegt dies an der frühzeitigen Bildung von Nebel, welcher der Ausstrahlung entgegenwirkt. Der Thaupunkt tritt früher ein und zwar oft schon vor der Zeit, in welcher die Temperaturerniedrigung den Gefrierpunkt erreicht hat. Dadurch wirken auch Wasserflächen schützend.

Selbstverständlich hat auch der Thau denselben schützenden Einfluß, indem er die Abkühlung mäßigt und zuweilen aufhält. Alle Abkühlung erfolgt durch Strahlung allein, wenn der Körper trocken ist, und durch Strahlung und Verdunstung bei feuchten Körpern. Befeuchtete Körper werden sich daher schneller abkühlen, als die identischen trocknen, also auch schneller bethauen. Die Condensation, welche während der Ablagerung des Thaues stattfindet, bildet ein Hinderniß für die Abkühlung; indem sich das Wasser wieder bildet, ersetzt es die Wärme, welche beim Verdampfen entnommen. Jedes Gramm Thau, welches sich niederschlägt, erwärmt 2 cbm Luft um 1^{0}.[2]) Die Strahlung dauert

[1]) Aßmann: Das Erfrieren der Pflanzen, Monatsschrift für praktische Witterungskunde. Magdeburg, Mai 1882.

[2]) Jamin: Beitrag zur Theorie der Thaubildung. Nach Journal de physique in Wollny's Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik 1880, S. 106.

fort, ohne daß die Temperatur sinkt; sie wird unterhalten durch eine äquivalente Wärmeproduktion in Folge der Condensation. Und wenn endlich die Strahlung und Abkühlung zu sehr überhand nehmen, enthält das niedergeschlagene Wasser noch 79 Cal. in Reserve bis zu dem Moment, wo es friert, und bevor die Pflanzen die Temperatur Null überschreiten. Die latente Wärme des Wassers (gleich 600 Cal.) ist 2553 mal größer als die spezifische Wärme der Luft, die = 0,237 berechnet ist.

o) Einfluß verschiedenen Wassergehaltes.

Bei Durchmusterung größerer Baumanlagen, welche durch Fröste beschädigt, zeigt sich fast immer, daß entweder einzelne Baumseiten und zwar vorzugsweise die Südost-, Süd- oder Südwestseiten gelitten haben, oder daß auch auf derselben Seite einzelne Zweige abgestorben, ja daß an demselben Zweige einzelne Stellen zwischen gesundem Gewebe angegriffen erscheinen.

Man ersieht daraus, daß derselbe Temperaturgrad der Luft sehr ungleichmäßig wirken kann, und man ist daher gezwungen, in denjenigen Fällen, in denen sich äußere, schützende Einflüsse nicht nachweisen lassen, die Ursache einer solchen Frostwirkung auf beschränkte Bezirke desselben Individuums auf innere, begünstigende Umstände zurückzuführen. In dieser Beziehung nun dürften die reichen Messungsergebnisse von G. Kraus zur Erklärung heranzuziehen sein. Der das volle Vertrauen verdienende Beobachter fand, daß zu jeder Zeit des Jahres die Baumrinde täglich regelmäßige Schwankungen des Wassergehaltes und damit in Verbindung verschiedene Spannungs- und Ausdehnungsverhältnisse aufweist. Der Wassergehalt der Rinde ist in den Morgenstunden am größten; dementsprechend ist auch die Rindenspannung eine erhöhte und der Dickendurchmesser der Bäume am größten, weil die Rinde durch den Wasserzufluß (der aus dem Holze kommt) kürzer und dicker wird. Alle diese Erscheinungen sinken bei Laub- und Nadelhölzern im belaubten und unbelaubten Zustande zu jeder Jahreszeit im Laufe eines jeden Tages, um gegen Abend und während der Nacht wieder zuzunehmen.

Neben dieser Periodicität aber läßt sich beobachten, daß eine Erwärmung des Stammes oder Zweiges Wasser aus dem Holze nach der Rinde treibt, und zwar auch in denjenigen Fällen, in welchen von der Wurzel her kein neues Wasser im Holzkörper aufsteigen kann, also an abgeschnittenen Aesten.[1])

Wenn nun eine Temperaturerhöhung Wasser aus dem Holzkörper in die Rinde treibt, dieselbe also wasserreicher macht, wenn ferner nachgewiesen, daß ein höherer Wassergehalt eines Organes, also ein minder concentrirter Zellinhalt Ursache einer Froststörung sein kann, die an einem gleichnamigen und gleichartigen, aber wasserärmeren Organe nicht eintritt, dann handelt es sich

[1]) Gregor Kraus: Ueber die Wasservertheilung in d. Pflanze. I. Halle, Niemeyer 1879.

zur Erklärung lokalisirter Frostschäden nur noch darum, an demselben Individuum in den einzelnen Achsentheilen verschieden große Erwärmung nachzuweisen. Eine solche ist aber z. B. ganz regelmäßig an hellen Februartagen, im März und April vorhanden. Die Südseiten der Stämme sind stärker erwärmt, mithin wasserreicher, spannungskräftiger, für schnelle Abkühlung empfindlicher und von Frostrissen am meisten heimgesucht. Eine solche Verschiedenartigkeit der Erwärmung wird auch bei einzelnen Theilen der Krone durch die Wintersonne hervorgerufen und ebenso bei Zweigstellen constatirbar sein, indem die durch trockne Blätter, durch andere Zweige, durch einen Baumpfahl u. dgl. geschützten Stellen vor großer Erwärmung bewahrt und damit vor Frühjahrsfrostschaden geschützt werden, während die der Erwärmung und starken Abkühlung durch Strahlung frei ausgesetzten Stellen im Frühjahr Frostplatten aufzuweisen haben.

Ueber die Verschiedenartigkeit im Bau des Zweiginternodiums wird bei Brand und Krebs gesprochen werden.

p) Das Erfrieren der Wurzeln.

Namentlich bei der Topfobstbaumzucht zeigt sich die Erscheinung, daß selbst bei mäßig strengen Wintern die Stämme im Frühjahr zu treiben beginnen, aber alsbald nachlassen und eingehen. Eine sofort vorgenommene Prüfung läßt erkennen, daß die Wurzeln erfroren sind, während die oberirdischen Achsen unversehrt geblieben. Die Vermuthung, daß die Wurzeln bei der Topfkultur vielleicht empfindlicher geworden und darum leichter erliegen, fällt durch die Beobachtung fort, daß wir auch im Freien bei Obst- und Ziergehölzen, namentlich in schneelosen Wintern und in nassen Lagen die Wurzeln erfroren finden, während die Stämme und Zweige keine oder nur unwesentliche Frostbeschädigungen zeigen.

Das Wurzelholz ist eben weicher und saftreicher als die oberirdische Achse. Diese Weichheit liegt einerseits darin, daß zur Zeit, in welcher die Kälte am tiefsten in den Boden dringt, das Wachsthum der Wurzel noch nicht abgeschlossen ist, also der Frost noch junge, unverdickte Elemente trifft; andrerseits aber sind auch die fertig ausgebildeten Elemente des Holzkörpers nicht so dickwandig, wie die entsprechenden Lagen des oberirdischen Achsenkörpers. Dies gilt ohne Rücksicht auf den Nährstoff und Wassergehalt des Bodens für alle Lagen. Daß der Grad der üppigen Entwicklung auch einen Einfluß auf die Frostempfindlichkeit ausüben wird, ist nicht in Abrede zu stellen; allein dieser Einfluß äußert sich nach den v. Mohl'schen Untersuchungen [1]) in anderer Weise.

Betreffs des ersten Punktes, des Eintreffens der Frostwelle auf noch nicht in Ruhe befindliche Wurzeln, wird eine Betrachtung des Ganges der Jahrestemperatur den nöthigen Aufschluß geben. Vorausgeschickt sei dabei, daß die

[1]) v. Mohl: Einige anatomische und physiologische Bemerkungen über das Holz der Baumwurzeln. Bot. Zeit 1862, Nr. 29, 33, 34 ff.

Messungen der Baumtemperatur die Abhängigkeit derselben innerhalb der Krone von den Wärmeschwankungen des Luftmeeres nachweisen, daß aber die Stammtemperatur, namentlich an der Basis und bei dickborkigen Baumarten, sehr wesentlich von der Bodenwärme beeinflußt wird,[1]) indem das durch die Verdunstung des Laubes nothwendig nachsteigende Wasser die Temperatur der Bodenschichten mitbringt.[2]) Einen sehr in die Augen springenden Beweis liefert R. Hartig.[3]) Es wurde von zwei gleichen, von der Sonne beschienenen Bäumen der eine entästet, so daß der Verdunstungsstrom fast ganz zum Stillstand kam. Das Thermometer wies nun in dem belaubt gelassenen Exemplare eine um 10° niedrigere Temperatur auf, als in dem entästeten. Nach Entfernung der Aeste bei diesem zweiten Exemplar stieg dessen Temperatur alsbald um 10°.

Da sich nun im Frühjahr das Luftmeer schnell erwärmt, unterstützt es sehr bald die direkte Einwirkung der Sonnenstrahlen auf die Zweige[4]) und erhält dieselben auf der Temperatur, bei der sie wachsen können. Je intensiver und länger anhaltend die Luftwärme, um so mehr geht das Erwachen des Cambiumringes und seine Produktion neuer Holz- und Rindenelemente von der Krone aus stammabwärts, bis es im April und Mai die Wurzeläste erreicht und dort nun endlich auch die Produktion eines neuen Holzringes einleitet. Die Zeit des Erwachens, die Dicke des neuen Holzringes und seine Ausbildung sind bei den einzelnen Baumarten und Varietäten verschieden. Ja, es zeigt sich auch oft eine individuelle Verschiedenheit insofern, als nicht alle Exemplare

---

[1]) Breitenlohner und Boehm (Sitz. d. Kais. Akad. d. Wiss. zu Wien, 17. Mai 1877) fanden, daß die Temperatur der unteren Stammpartbie ganz unter dem Einfluß der Bodenwärme steht; wenn aber die Transspiration aufgehoben, hängt die Baumtemperatur lediglich von der Lufttemperatur ab.

[2]) Ebermayer; Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden. I, Aschaffenburg 1873, S. 119—139.

Die Messungen zeigten, daß zwischen der Temperatur der Bäume (in Brusthöhe) und des Waldbodens kein wesentlicher Unterschied besteht. Mit zunehmender Bodentiefe und Baumhöhe aber werden die Unterschiede groß. Im Allgemeinen ergiebt sich, daß vom Oktober bis März die Waldbäume kälter sind, als der Waldboden. „Die Wurzeln sind in dieser Periode die wärmsten Theile des Baumes; mit steigender Höhe nimmt die mittlere Baumtemperatur successive ab und ist am tiefsten an den Aesten und Zweigen." „Im Sommerhalbjahr (vom April bis incl. September) sind umgekehrt die Waldbäume wärmer als der Boden, d. h. die Temperatur der Bäume nimmt von oben nach unten ab und ist während des Tages am höchsten in den Zweigen und Aesten, am tiefsten in den Wurzeln."

Die mittlere Jahrestemperatur der Bäume schwankt zwischen 3,9 und 6,7° je nach der Höhe des Standortes über dem Meeresspiegel; sie ist geringer als die mittlere Luft- und höher als die mittlere Bodentemperatur des Waldes.

[3]) Lehrbuch der Baumkrankheiten 1882, S. 177.

[4]) Vergl. Krutsch: Untersuchung über die Temperatur der Bäume 2c. Jahrb. d. Kgl. sächsischen Akad. zu Tharand, Bd. X, 1854.

alljährlich im Stande sind, soviel plastisches Material in der Baumkrone zu produziren, daß dasselbe zur Ernährung des ganzen Cambiummantels ausreicht. Es tritt dann der Fall ein, daß sich der Verdickungsring in einem solchen Mangeljahre nur von der Krone bis zur Stammbasis erstreckt und dann sich auskeilt, so daß die Wurzeln in diesem Jahre gar nicht dicker werden.

In derselben Weise, wie die Wärmewelle und damit die Thätigkeit des Cambiumringes von oben nach unten fortschreitet, erlischt sie auch im Herbst. Da der Boden länger warm bleibt, hat auch die Wurzel noch Gelegenheit, ihr, wenn auch nicht mehr sehr intensives Wachsthum fortzusetzen, und somit wird die v. Mohl'sche Beobachtung erklärlich, daß die Wurzeln im Dezember, Januar und Februar noch an der Verdickung der Zellwände ihres letztangelegten Jahresringes arbeiten.

Positive Zahlen werden hierbei das anschaulichste Bild geben. Mohl fand im Winter 1861/62 an einem Süßkirschbaume die Bildung des Wurzelholzes am 4. April noch nicht beendigt. Dabei hatten sich die Zweigknospen bereits bis über 2 cm Länge entwickelt, und der neue Holzring an dem Mutterzweige hatte schon neue Gefäße soweit ausgebildet, daß ihre Tüpfelung erkennbar war. Die zwischen den Gefäßen liegenden Holzzellen waren noch dünnwandig und besaßen erst die Hälfte ihrer typischen Größe. An der Wurzel waren aber die äußersten Holzzellen des vorjährigen Jahresringes noch nicht einmal verdickt. Nachdem der Baum am 11. April bereits geblüht hatte, zeigte die Untersuchung zu dieser Zeit noch immer keinen vollständigen Abschluß des vorjährigen Jahresringes in der Wurzel, und erst am 26. April war für die Wurzeln die Ruhe eingetreten.

An den vorjährigen Zweigen war zu dieser Zeit der neue Jahresring bereits vollkommen verholzt und bereits so dick, daß man in radialer Richtung 6 Gefäße hintereinander zählen konnte. Im untersten Theil des Stammes war dagegen erst eine einzige Reihe von Gefäßen ausgebildet und nur die innersten Holzzellen verdickt. In der Hauptwurzel war der vorjährige Jahresring fertig und das Cambium auch gleich zu neuer Thätigkeit vorbereitet, da die Rinde sich leicht vom Holzkörper trennen ließ; jedoch von einem neuen Holzringe war noch keine Spur zu sehen. In den Nebenwurzeln von der Dicke eines kleinen Fingers löste sich die Rinde noch nicht; hier war also vollkommene Winterruhe. Sie verharrten auch am 30. April noch in diesem Zustande, als die Blätter z. Th. bereits ausgewachsen waren und an der Hauptwurzel der neue Holzring durch junge, noch unverdickte Gefäße seine Ausbildung begann.

Betreffs des zweiten der obenerwähnten Punkte, nämlich der eine geringere Widerstandsfähigkeit bedingenden, anatomisch abweichenden Bauart der Wurzeln, ergeben die v. Mohl'schen Untersuchungen an verschiedenen Waldbäumen ein von der durch Schacht[1]) allgemein gewordenen Ansicht abweichendes Resultat.

[1]) Der Baum, S. 184.

Die Jahresringe in der Wurzel sind nicht, wie Schacht angiebt, breiter, sondern schmäler als im Stamm und bei 8—10 cm dicken Wurzeln sind die peripherischen Jahresringe bisweilen (Eiche) schon so schmal, daß man sie kaum oder wirklich nicht mehr unterscheiden kann. Bei Stamm und Wurzel zeigt sich nun übereinstimmend, daß mit der Dicke der Jahresringe auch das quantitative Verhältniß der den Jahresring aufbauenden Zellformen sich ändert. Bekanntlich erkennen wir meist zwei Zonen, von denen die erstgebildete, an weiten Gefäßen reiche Zone als Frühlingsholz von dem darauf folgenden, dichteren Herbstholz unterschieden wird. Letzteres zeichnet sich bei den Laubbäumen durch engere, sparsamer auftretende Gefäße und dickwandigere, englumigere Holzzellen aus. Häufig grenzt sich auch noch eine dritte äußerste Zelllage des Jahresringes ab, deren Holzzellen sehr derbwandig und dicht sind und in radialer Richtung zusammengepreßt, in tangentialer verbreitert erscheinen.

Man kann sich die verschiedene Bauart des Jahresringes recht gut erklären, wenn man bedenkt, daß der erste Anfang seiner Bildung in das durchschnittlich feuchte, mäßig besonnte, durch die Winterfeuchtigkeit über reiche Wasserzufuhr zu den Wurzeln verfügende, erste Frühjahr (April) fällt. Die Ausbildung der Elemente unter solchen, die Turgescenz zum Maximum steigernden Umständen wird daher sich durch Weitlumigkeit und Dünnwandigkeit auszeichnen. Je früher der Trieb im Frühjahr beginnt oder auch je plötzlicher der Laubausbruch erfolgt, je mehr nach dem Charakter der Spezies Bildungsmaterial gleichzeitig also mobil wird, desto deulicher muß dieser Bau zum Vorschein kommen. Dies gilt namentlich für solche Bäume, deren Frühjahrsholz sich durch besonders weite und zahlreiche Gefäße auszeichnet (Fraxinus, Quercus). Weniger differenzirt zeigt sich der Jahresring bei denjenigen Hölzern, die fast durchgängig gleichmäßig weite, im Ganzen überhaupt nur mäßigen Durchmesser zeigende Gefäße besitzen (Fagus, Betula, Alnus, Populus tremula, Acer).

Mittlerweile werden die Tage wärmer, länger und der Boden trockner, und nun beginnt die lang anhaltende Periode der zweiten Zone des Jahresringes mit den engen Gefäßen und dickwandigen, aber (durch die bei Nährstoffvorrath noch sehr häufige, radiale Theilung der Cambiumzelle) noch nicht merklich tangential breiteren Holzzellen. Die Dicke dieser Schicht hängt von der Masse des plastischen Materials ab, das der Baum in dieser hauptsächlichsten Wachsthumsperiode für seinen Jahresring verwenden kann. Je besser die Ernährung, desto breiter diese Zone. Bei unsern Laubbäumen könnte man sie das Sommerholz nennen, das nun überall allmählich in den Herbstholzring mit den festesten, im Querschnitt breitgedrückt tangential gestreckt, etwas bandartig erscheinenden Holzzellen übergeht. In allen denjenigen Jahresringen, die durch spätes Erwachen und geringe Ernährung schmal bleiben, wird die mittlere Schicht an Dimension schwinden, während die erstgebildete, lockere, überall ziemlich gleich bleiben wird. Daher haben unsere Laubbäume oft bei engen Jahres-

ringen kein festeres Holz, sondern ein lockereres als bei breiten Jahresringen.[1])

Bei den Coniferen mit ihrem späten Erwachen nnd schnellem und scharf markirtem Triebabschluß fällt die Bildung ihres Frühlingsholzes schon mehr mit der zweiten Zone des Laubholzjahresringes zusammen, und sie vermindert sich daher bei Nahrungsschwäche. Da bei den Coniferen die Reifezeit des Holzcylinders wegen des frühen Abschlusses ihres Triebes in die wärmere Zeit fällt, so bleibt bei Verarmung des Jahresringes immer die Zeit zur Ausbildung der Herbstholzzone, welche nur geringeren Schwankungen betreffs ihrer Dicke ausgesetzt ist.[2]) Wenn daher die Jahresproduktion der Nadelhölzer eine schwache ist, die Jahresringe schmal sind, geht diese Verschmälerung auf Kosten des weichen Theiles des Ringes vor sich; es rücken somit die härteren Herbstholzzonen aneinander, und bei den Coniferen bestätigt sich die Annahme der Praktiker, daß engringiges Holz das härteste ist.

Nur da, wo an alten oder stark unterdrückten Bäumen die Produktion an der Stammbasis eine minimale, früh erlöschende ist, kann die Herbstholzzone gar nicht oder nur sehr wenig zur Ausbildung kommen (R. Hartig, a. a. O., S. 62). Andere Ausnahmen sind ein nochmaliges Erwachen der Cambialthätigkeit in warmen, feuchten Herbsten. So sah ich bei Zweigen von krebskranken Larix europaea im Winter den früher bereits abgeschlossenen Jahresring umgeben von einer schmalen Zone von Frühlingsholz.

Nach dem Gange des Erwachens der Vegetation in der Stammachse von oben nach unten und nach der Lage des materialbeschaffenden Laubkörpers ergiebt sich mit Nothwendigkeit, daß das meiste Material zur Verdickung des Jahresringes der Basis der Krone zur Verfügung steht. Man kann sich also den jährlichen Ringzuwachs des Baumes in die Dicke wie eine Kappe vorstellen, als welche der neue Jahresring über den alten gestülpt wird. Am dicksten ist die Kappe in der Kronenhöhe, und von da verjüngt sie sich nach der Basis, an welcher, wie oben gesagt, sie auch ganz aufhören kann, wenn nicht so viel plastisches Material gebildet worden, daß es bis zur Wurzel hinab ausgereicht hat. Das würde als Gesetz auch gelten ohne Rücksicht auf eine Differenzirung in Frühlings- und Herbstholz, also auch, wenn alle Elemente des Jahresringes ganz gleichartig wären.[3])

[1]) Th. Hartig: Naturgeschichte der forstl. Kulturpflanzen, S. 207.

[2]) Mohl: Bot. Zeit 1862, S. 228.

R. Hartig: Ueber die Vertheilung der organischen Substanz, des Wassers rc. in den Bäumen. Unters. aus d. forstl. Bot. Inst. zu München, II, 1882, S. 61.

[3]) Von diesem, die Ringbreite allein in's Auge fassenden Zuwachs ist die absolute Massenvermehrung, die sich als Produkt aus Jahresringdicke und Stammumfang darstellt, wohl zu unterscheiden. Nach R. Hartig*) befolgt die absolute Massenzunahme

*) Flora 1882, S. 123, 124.

Unabhängig von dieser Produktionswelle, welche einfach die Massenvertheilung des neugebildeten, jährlichen Zuwachses regelt, ist nun die Ausbildung dieser Masse, nämlich der Grad ihrer Differenzirung in Frühlings- und Herbstholz. Diese ist abhängig von der Witterung, dem Grade der Wärme und Trockenheit des Mediums, das die Achse umgiebt, also beim Stamm von der Luft, bei der Wurzel vom Boden.

Bei der Stammproduktion wird der fertige Abschluß des Jahresringes um so früher in das Jahr fallen, je höher er in der Krone liegt, mithin wird dort seine Ausbildung überwiegend aus Frühjahrsholz bestehen. Ehe die Herstellung des Jahresringes bis zur Stammbasis fortschreitet, ist es schon Sommer geworden und daher nicht mehr viel Zeit zur Ausbildung von Frühjahrsholz. Somit muß die Differenzirung des Jahresringes in der Weise vor sich gehen, daß (gleichviel ob ein Jahresring dick oder dünn ist) die relative Menge vom Frühjahrsholz zum Herbstholz von oben nach unten abnimmt, also relativ das Herbstholz immer nach der Stammbasis hin zunimmt. Diese Voraussetzung ist durch direkte Messung von Mohl[1]) sowohl als von Hartig[2]) und Sanio[3]) thatsächlich bestätigt worden. Es kommt hinzu, daß, je dicker der Baumtheil ist, ein desto höheres Wärmemaximum erreicht er.[4])

Auf der überwiegenden Herbstholzbildung beruht die Festigkeit der Stammbasis.

Für die Ausbildung des Wurzelholzes wird die Zeit, in welche dieselbe fällt, maßgebend sein. Bei den Coniferen mit ihren frühen Abschluß des Wurzelwachsthums fällt die Ausbildung noch in die Zeit größerer Bodenwärme und Trockenheit, und demgemäß wird sich meistens Herbstholz bilden. Ist viel Material da, also der Jahresring breit, dann ist ein starker Herbstholzring vorhanden (Mohl). Bei den Laubbäumen, bei denen sich die Ausbildung des Wurzelholzes bis zum nächsten Jahr hinzieht, ja, wie oben gezeigt worden,

---

das Gesetz, daß sie innerhalb der Baumkrone, von oben nach unten sich steigert und das Maximum unterhalb des untersten Astes erreicht. Auch im astfreien Schafte vermehrt sich bei kräftiger, freistehender Krone der Zuwachs nach unten hin, und zwar manchmal in so bedeutendem Maße, daß er auch durch größere Ringbreite kenntlich wird. Das untere Stammende zeigt meist einen schnelleren Zuwachs als der übrige Stamm, so daß selbst 2—3 m hoch hinaufragende Anschwellungen der Stammbasis entstehen können, was nach v. Mohl durch den Druck des Bodens auf das Wurzelcambium erklärbar ist. Durch diesen vom Wurzelcambium zu überwindenden Druck erfolgt Stauung des plastischen Materials an der Stammbasis und in Folge dessen eine bessere Ernährung derselben.

[1]) a. a. O.

[2]) a. a. O.

[3]) Jahrbücher f. wissensch. Bot. IX, S. 115 ff.

[4]) Ihne: Ueber Baumtemperatur unter dem Einfluß der Insolation. Bot. Centralblatt 1883, Nr. 34, S. 234.

Vonhausen: Untersuchungen über den Rindenbrand. Allg. Forst- und Jagdzeitung 1873.

manchmal erst zur Blüthezeit des neuen Triebes abschließt, sind alle Differenzirungen schwächer und die Grenze der Jahresringe verwaschener. Da es in den Bodenschichten erst Frühling wird, wenn es oben schon Sommer, ist die Bildung von Frühlingsholz immer vorhanden. Bei weiterem Fortschreiten des Jahresringes hängt dessen Ausbildung von dem Grade und der Dauer der Bodenwärme und Trockenheit ab. Bringt ein Jahrgang eine lange trockne Periode, wird sich Herbstholz vorfinden; ist dies nicht der Fall, beschränkt sich die Ausbildung auf das Frühlingsholz und zeigt nur einen schwachen Ansatz von Herbstholz. Daher der lockere Bau auch bei schmalringigen Wurzeln.

In kurzer Wiederholung des Dargestellten können wir den Unterschied zwischen Wurzeln und Stamm bei den Laubbäumen dahin zusammenfassen, daß erstens alle Jahresringe in der Wurzel weit schmäler, als die entsprechenden des Stammes sind und daß bei der steten Ausbildung des porösen Frühjahrsholzes diese engen Schichten überwiegend porös sind. Bei den Coniferen findet sich betreffs der geringen Breite der Jahresringe derselbe Unterschied zwischen Stamm und Wurzel, und ebenso nimmt, je dünner der Jahresring ist, desto mehr das Herbstholz im Verhältniß zum Frühlingsholz ab. Ueberall sind die Holzzellen länger und weiter und deren Zellwandungen dünner in der Wurzel, als in den entsprechenden Stammtheilen.

Selbst in Gegenden und bei Varietäten, wo eine Beschädigung der oberirdischen Achse durch Winterfröste nicht zu befürchten, wird man, in Rücksicht auf die Empfindlichkeit der Wurzeln, Topfobstbäume in geschützte Räume zu bringen haben und bei Freilandkulturen den natürlichen Schutz durch Laub und Schnee nicht nur belassen, sondern womöglich erhöhen. Bei Anlage von Gehölzcomplexen wird man nur dann die sonst vortheilhafte Herbstpflanzung unbedenklich ausführen können, wenn es sich um absolut frostharte Gehölze handelt, oder wenn man so früh im Herbste mit der Pflanzung vorgeht, daß, tüchtiges Einschlämmen der Wurzeln vorausgesetzt, man noch ein Anwurzeln und dichtes Anlegen der Erde annehmen darf. Daß eine Bildung feiner Haarwurzeln noch im Winter stattfinden kann, beobachtete schon Duhamel[1]) und wurde später von Lindley bestätigt. Bei Baumanlagen von geringerer Ausdehnung wird sich durch Bedeckung das tiefere Eindringen der Kälte in den gelockerten Boden abschwächen lassen. Daß frisch verpflanzte Bäume durch Winterfrost an ihren Wurzeln leichter leiden, als auf ihrem Standort belassene Exemplare, ist eine vielfach gemachte aber nicht ausnahmslose Erfahrung.

q) Frostspalten.

In Wäldern vernimmt man in kalten Wintern nicht selten ein starkes Knallen, das durch die Entstehung von Frostspalten (gélivures der Franzosen[2])

[1]) Des semis et plantations des arbres. S. 155.

[2]) Duhamel du Monceau: La physique des arbres, 1758, II, S. 345 ff.

veranlaßt worden ist. Meist ist es ein großer, der Drehung der Holzfaser folgender, den ganzen Holzkörper radial aufklüftender Längsspalt, der entsteht und der bei Roßkastanien und Pappeln am häufigsten anzutreffen ist, aber bei allen Baumarten und in jedem Boden auftreten kann. Am häufigsten leiden feuchte Lagen und, wie es scheint, Nord- und Nordost-Seiten.

Solche Spalten entstehen durch stärker peripherische als radiale Zusammenziehung des Rindenkörpers und des Holzes; sie schließen sich wieder bei steigender Wärme, wenn sich auch die Wundränder niemals mehr oder erst nach vielen Jahren kräftiger Vegetation wieder vereinigen.

Den experimentellen Beweis für die Entstehung der Frostspalten verdanken wir Caspary.[1]) Das Holz zieht sich bei niedriger Temperatur in der Richtung des Umfanges stärker als in der Richtung des Radius zusammen. Bei größeren Bäumen wird dann wahrscheinlich noch die Spannung mitwirken, welche die inneren, noch wärmeren Schichten auf die äußeren, sich schon durch den Frost zusammenziehenden ausüben. Der Ausdehnungscoëffizent des frischen Holzes ist nämlich, wie Caspary durch direkte Messung der Verkürzung frischen Holzes in der Kälte nachweist, so groß sowohl in Richtung des Umfanges als auch des Halbmessers, daß er den aller festen Körper (selbst den des Zinks und Eises) weit übersteigt und nur von dem der Luft übertroffen wird. Der Spalt wird um so weiter, je stärker die Kälte ist, und zwar tritt die größte Weite des Spaltes um so schneller nach der größten Kälte ein, je dünner der Baum ist. Wenn Thauwetter eintritt, schließt sich der Spalt um so langsamer, je tiefer er ist; überhaupt stellt sich bei den meisten Bäumen die Schließung der Frostspalten bei beginnendem Thauwetter viel später ein, als das Maximum der Ausdehnung des Spaltes nach dem Maximum der Kälte sich zeigt. Wie weit ein Spalt sich öffnet, ist bei derselben Art und Dicke des Holzes sehr verschieden; wenn die Frostspalten aber überhaupt einmal aufgebrochen sind, dann genügt nach ihrem Zusammengehen bei Thauwetter ein sehr geringer Kältegrad, um sie wieder zu öffnen. Dies erklärt sich daraus, daß bei der Entstehung der Spalten zuerst die Cohäsion der Zellelemente in der ganzen Ausdehnung des Stammradius zu überwinden ist, während bei dem Wiederöffnen in demselben Jahre kein Widerstand und im nächsten Jahre nur der letztjährige, neugebildete Jahresring zu überwinden ist. Der Frostspalt bildet eine dauernde Wunde mit todten, braunen Rändern im Innern des Stammes. Da der Spalt im Sommer geschlossen ist, finden die Ueberwallungsränder, die sich sonst in die Wunde hinein erstrecken würden, einen seitlichen Druck durch ihre gegenseitige Berührung vor; nur der radial wirkende Rindendruck ist aufgehoben, und demgemäß entwickelt sich der Ueberwallungswulst der Frostspalten in der Richtung des Radius als Vorsprung nach außen; er bildet dann die überall zu beobachtenden, stark vorspringenden Frostleisten.

[1]) Neue Untersuchungen über Frostspalten. Bot. Zeit. 1857, Nr. 20—22.

Bei höchster Frostwirkung entstehen nicht nur radiale, sondern auch der Richtung der Jahresringe folgende Spalten, wodurch der Stamm in seinem Innern gänzlich zerklüftet wird.

r) Mondringe.

Mit obigem Namen werden braune oder weiße, meist ringförmig um einen Theil oder auch um den ganzen Stammumfang herum reichende Binden von weichem, bisweilen schon zunderartig zermürbtem Gewebe verstanden, die sich mitten im gesunden Holze bei den verschiedensten Baumarten einstellen können. Unter dem Mikroskope läßt die mürbe Zellenmasse deutlich vorherrschend parenchymatisch gebaute Zellen erkennen, die unter Umständen wie ausgelaugt erscheinen und Cellulosereaktion zeigen. In andern Fällen findet man die Zellwandungen gebräunt und ohne Cellulosecharakter; häufig, aber nicht immer, findet sich ein feines, verzweigtes Pilzmycel vor (Nyctomyces candidus und utilis [1]) Th. Hartig, Stereum hirsutum Fr. s. Telephora hirsuta Willd. nach R. Hartig bei Eichen). [2]) Das Mycel kann zu ganzen Häuten und Strängen zusammentreten und den Raum der zerdrückten und aufgelösten Gewebeschicht einnehmen.

Man ist geneigt, dem Mycel der Pilze die Entstehung der Mondringe zuzuschreiben; indeß halte ich dies für irrthümlich in den meisten Fällen. Untersucht man bei verschiedenen Bäumen solche braune Binden todten Gewebes, welche nur einen Theil eines Jahresringes einnehmen und demgemäß Uebergänge zu gesundem Gewebe in verschiedenen Stadien erkennen lassen, so findet man vielfach im Anschluß an die gebräunten Zellenparthien solche, die farblos und anscheinend noch gesund, vielfach auch stärkereich sind und fast ausschließlich ihrem Bau nach parenchymatischen Charakter zeigen. Man muß daher zu der Ueberzeugung kommen, daß es grade die Nester und Binden von Holzparenchym sind, die sich in den verschiedensten Hölzern in ungleicher Menge und Vertheilung vorfinden und wegen ihrer lockeren Bauart der Zerstörung anheimfallen.

Nach der Aufzählung, welche de Bary [3]) von dem Vorkommen derartiger Bildungen parenchymatischen Gewebes im festen Holzkörper giebt, kann man annehmen, daß unter Umständen alle Holzarten fähig sind, an Stelle prosenchymatischen Holzes derartiges parenchymatisches zu erzeugen. Solche Parenchym-Nester sind von Th. Hartig „Zellengänge", von Roßmäßler „Markwiederholungen", von Nördlinger „Markflecke" genannt worden, und diese werden jetzt von de Bary auch bereits als lokale Hypertrophien der Markstrahlen bezeichnet.

---

[1]) Vollständige Naturgeschichte d. forstl. Kulturpflanzen 1852, S. 211.
[2]) Zersetzungserscheinungen des Holzes, S. 129 ff.
[3]) Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane 1877, S 567.

Nach den Untersuchungen von Kienitz[1]) an Salix, Sorbus Aucuparia und Betula verrucosa werden derartige Markflecken durch Insektenlarven erzeugt. Aeußerst zarte, fadenförmige Dipterenlarven fressen in der Cambiumzone, namentlich an Stammbasis und Wurzelhals, bisweilen auch an höheren Schafttheilen und Wasserreisern im Mai und Juni enge Gänge, die durch Neubildungen von den Rindenstrahlen, seltener von anderem Gewebe alsbald ausgefüllt werden. Es ist anzunehmen, daß an den genannten Bäumen solche Markflecke oder „Braunketten"[2]) auch auf andre Weise entstehen; zugegeben wird dies für Nadelhölzer von Kienitz selbst.

Dem Aussehen nach ähneln sie dem Markgewebe und scheinen durch allmähliche Erweiterung der Markstrahlen zu entstehen. Wenigstens sieht man die Markstrahlen, bevor sie in diese Nester eintreten, allmählich breiter werden, und ihre Zellen das polyedrische, derbwandige, stark getüpfelte Aussehen der mit Stärke und braunem Gerbstoff bisweilen erfüllten Zellen der Markflecke annehmen. Mehr oder minder plötzlich gehen diese Parenchymnester nach außen wieder in normales Holz über, das ebenso durch Markstrahlen gefächert ist, wie das innerhalb die Flecke begrenzende Holz, dessen Markstrahlen sich gleichsam hinter den Flecken wieder in derselben Richtung fortsetzen.

Wenn wir einen bisher normal fortgewachsenen Holzkörper willkürlich zur Produktion von Holzparenchym reizen wollen, dürfen wir den Stamm nur während der Zeit der kräftigen Frühjahrsvegetation schröpfen; die neuen Wundränder enthalten um so mehr Holzparenchym, je üppiger sie ernährt werden. Wenn man auf kleine Strecken hin die durch einen Schnitt verletzte Rinde lüftet, d. h. an den Seiten der Wunde durch Einschieben des Messerrückens etwas abhebt, und überläßt den Heilungsprozeß sich selbst, dann findet man binnen wenigen Tagen oder Wochen, daß sich, abgesehen von den Neubildungen auf dem bloßgelegten Holzkörper und den Rindenlappen, in dem Winkel, in welchem die abgehobene Rinde wieder mit dem Holze zusammenstößt, parenchymatisches Holz entwickelt. Dieses Gewebe erstreckt sich auch von der Wunde aus an der Peripherie des Jahresringes rückwärts in denjenigen Theil hinein, von welchem die Rinde gar nicht abgehoben war. Es hat sich also lediglich durch die Druckerleichterung des Cambiums parenchymatisches Holz statt des prosenchymatischen gebildet.

Umgekehrt wird man überall da, wo man im Holz Parenchymnester oder Binden antrifft, schließen müssen, daß an diesen Stellen zeitweise ein verminderter Rindendruck geherrscht hat. Wenn man von den oft meterlang im Stamm abwärts sich erstreckenden Markflecken ausgeht, so bemerkt man in der Mehrzahl der Fälle dieselben weniger im Frühlingsholz (Kienitz), sondern

[1]) M. Kienitz: Die Entstehung der Markflecke. Botanisches Centralblatt 1883, Bd. XIV, S. 21.

[2]) Ratzeburg: Waldverderbniß 1868, II.

mehr in der Mitte oder dem Rande des Jahresringes; also wird man eine solche Rindenlockerung meist zu der Zeit, in welcher der Jahresring schon längere Zeit an seiner Ausbildung gearbeitet hatte, annehmen müssen.

Fragen wir nun nach den Ursachen solcher Rindenlockerung, so finden wir, außer den erwähnten Fraßgängen, angegeben, daß eine plötzliche Zuwachssteigerung einerseits, Sonnen- und Frostrisse andrerseits Rindensprünge verursachen können. Ich kann hinzufügen, daß schwache Fröste im Frühjahr eine Zerrung und Lockerung in den Geweben der Cambialregion ohne jegliche wahrnehmbare, äußere Verletzung hervorzurufen im Stande sind, ja, daß schon bei ganz gesundem Wachsthum der Durchbruch der zum Blatt abgehenden Gefäßbündelstränge in der Achse das die Stränge umgebende Gewebe zur parenchymatischen Theilung veranlaßen kann. Je üppiger der Baum (Birne, Kirsche), desto größer die das heraustretende Gefäßbündel begleitenden Parenchymhüllen.

Es können also sehr verschiedene, äußere Ursachen das Individuum zu hypertrophischer Holzbildung in Form von Holzparenchym anregen. Ich halte dasselbe indeß nicht für Hypertrophie der Markstrahlen allein, trotzdem daß man dieselben beim Eintreten in die Markflecke sich erweitern und seitlich zusammenfließen sieht, sondern für eine Steigerung der Zellvermehrung, an der sämmtliche, den Jahresring zusammensetzende Gewebeformen sich betheiligen können, wenn auch die im Wachsthum vorauseilenden Markstrahl- resp. Rindenstrahlzellen einen überwiegenden Antheil haben.

Die Holzparenchymbildung auf größere oder geringere Strecken des Stammumfangs ist also ein sehr häufiger, oft in den Begriff des normalen noch fallender Vorgang.

Zu todten Flecken oder Ringen werden solche Parenchymnester erst durch Einwirkung einer zweiten Ursache. Als diese zweite Ursache betrachte ich in vielen Fällen den Frost, der, wie sich aus Versuchen mit künstlichen Frostwirkungen ergiebt, thatsächlich im Stande ist, solches weiches, parenchymatisches Holz zu zerstören, ohne die Rinde zu tödten. Es wird nicht überall der Frost sein; es können auch Pilzmycelien, die sich z. B. an einem abgehauenen Kronenast angesiedelt haben, von der Wundfläche aus abwärts steigen und sich grade die weichen, stärkereichen Lagen des parenchymatischen Jahresringes als den zusagendsten Weg aussuchen; aber für die Mehrzahl der Fälle möchte ich den Frost als Ursache ansprechen.

Hat sich in Folge nasser Jahre, welche den Holzring an und für sich unreif und relativ dünnwandig erhalten, ein solcher Parenchymmantel durch die ganze Länge des Jahresringes gebildet und der Tod ereilt dieses Gewebe, dann findet man bei dem Spalten der Stämme, daß sich ein Hohlcylinder von gesundem Holze von einem oft auch gesunden, centralen Vollcylinder wie eine Hülse herabziehen läßt, da das verbindende, parenchmatische Holz todt ist. („Kernschäle“.)

Daß auf solche todte Jahresringe wieder viele Jahre hindurch gesundes Holz folgen kann, beweist, daß die Cambialzone des Baumes nicht zerstört worden, sondern in wechselnder Produktion stetig fortgewachsen ist. Erst nachträglich sind die abnorm entwickelten Holzlagen zu Grunde gegangen.

In Baumpflanzungen, die durchgängig an solchen Schädigungen des Holzkörpers leiden, wird sich also das Bestreben des Züchters auf die Vermeidung derjenigen Ursachen zu erstrecken haben, welche die Bildung eines solchen parenchymatischen und z. Th. unreifen Holzes veranlassen. Oft wird, wie ich glaube, Entwässerung ein durchgreifendes Mittel abgeben.

s) Frostrunzeln.

Unter dieser Bezeichnung verstehe ich die bisher nur bei Kirschen an diesjährigen Zweigen im Sommeranfang (Juni) beobachtete Erscheinung, daß die bisher glatte Rinde meist einseitig querrunzelig wird.

Die älteren, äußeren Rindenparthien, welche aus besonders stark tangential gestreckten Zellen bestehen, erschienen in einer mehr oder weniger großen Ringzone von der jüngeren Rinde abgehoben. Das Cambium sah ich nicht gestört; nur der Markkörper war etwas gebräunt. Die Kirschen hatten im April bereits zu treiben angefangen und wurden gegen Ende des Monats Mai von einem Spätfrost überrascht.

Ich erkläre mir diese Erscheinung grade so, wie die durch Frostwirkung eingeleitete Entstehung der zu Mondringen Veranlassung gebenden Querbinden von Holzparenchym. Nachgewiesenermaßen entstehen durch den eindringenden Frost große Spannungsdifferenzen in der Achse. Der Frost zieht auch, ohne daß es bis zur Ausscheidung von Eiskrystallen in den Intercellularräumen kommt, das Gewebe zusammen, und zwar um so stärker, je dünnwandiger es ist. Die Rinde leidet bedeutend mehr, als der später erreichbare, schwerer abkühlbare und weniger sich zusammenziehende Holzkörper. Die Zusammenziehung erfolgt in der Richtung der Tangente stärker, als in radialer Richtung. Dieser Ueberschuß wirkt wie eine alleinvorhandene, in der Richtung des Stammumfanges stattfindende Zerrung, der auch die einzelnen Rindenlagen bei großer Jugend der ganzen Rinde in verschiedenem Maße folgen werden. Bei gleicher Stärke der Zusammenziehung an allen Punkten der Rinde werden diejenigen Zellen, welche der Peripherie am nächsten liegen und am meisten in der Richtung des Stammumfanges gestreckt sind, auch am meisten gezerrt werden. Wenn man erwägt, daß die äußeren Zellen der primären Rinde bei ihrer größeren Derbwandigkeit nicht mehr so elastisch, wie die darunter liegenden, dünnwandigeren sind, so sieht man ein, daß bei ihnen die durch die unvollkommene Elasticität bewirkte, dauernde Vergrößerung am bedeutendsten sein wird.

Nach dem Verschwinden der bei Spätfrösten doch nur kurz dauernden Frostwirkung wird der gesteigerte Turgor die Zellen in der gedehnten Gestalt

erhalten; da die äußeren Rindenlagen nach der stärkeren Dehnung nicht mehr Platz in der bisherigen Tagentialebene haben, werden sie sich runzelig oder blasig über die bisherige Ebene des Stammumfangs erheben und auf diese Weise die „Frostrunzeln“ bilden.

Wenn die Abhebung bei sehr junger Rinde in einer Ringzone erfolgt, wird die stattgehabte Lockerung dadurch kenntlich, daß sich die älteren Rindenzellen radial ausweiten und sich bis zur Schlauchform verlängern können, wobei die Intercellularräume sich bis zu großen Lücken ausdehnen. Es kann selbst in den äußersten, Chlorophyll führenden Rindenlagen Zellvermehrung eintreten, wodurch die Runzeln festere Consistenz erhalten und sich den anderweitig beobachteten (Birnen) Erscheinungen der Wassersucht nähern. Tritt eine Lockerung oder wirkliche Trennung in den inneren Rindenlagen ein, dann kann das Cambium mittelbar dadurch berührt werden; es treten Quertheilungen in den zu Prosenchymelementen bestimmten Zellen ein und in Folge dessen entsteht eine ganze oder stückweise Ringzone von Holzparenchym, wie solche bei den Mondringen erwähnt worden ist.

t) Frostbeulen.

(Hierzu Taf. II.)

Eine bisher nicht sehr häufig beobachtete Erscheinung zeigt sich an 2 bis mehrjährigen, noch mit glatter Rinde versehenen Zweigen und Stämmen in Gestalt von breitkegelförmigen, oben abgeflachten oder auch halbkugeligen, bisweilen 1 cm hohen Auftreibungen. Dieselben sind in ihrem inneren Bau nicht ganz übereinstimmend, indem sie entweder Heilungsvorgängen, die der Baum in Folge einfacher Rindenabhebungen einleitet, ihre Entstehung verdanken, oder aber auch nach stärkeren, vermuthlich mit Eisbildung verbundenen Kältewirkungen entstehen. Letztere Beulen zeichnen sich dadurch aus, daß im Innern ein radialer, veralteter Holzriß bemerkbar ist, ohne daß äußerlich die Rinde verletzt erscheint.

Nicht zu verwechseln sind diese Beulen mit den bei üppigen Kulturvarietäten gar nicht selten vorkommenden, kegelförmigen Buckeln, die unter der Rinde sofort einen harten holzigen Kern erkennen lassen, während die Frostbeulen z. Th. stets, z. Th. wenigstens im Jahre ihrer Entstehung aus einer weichen, mit dem Nagel leicht zerdrückbaren Gewebemasse bestehen.

Die von Anfang an hart verholzten Erhebungen, für welche ich den Namen „Gefäßbuckel“ in Vorschlag bringen möchte, haben fast immer eine bestimmte Stellung zum Auge, während die Frostbeulen an beliebigen Stellen des jungen Stammes oder des Zweiginternodiums sich zeigen. Die „Gefäßbuckel“ sind einspitzige oder zweispitzige, berindete Holzanschwellungen, welche wie Masernanfänge über die Peripherie des übrigen Holzkörpers hervortreten;

sie verdanken ihre Entstehung dem zu frühen Austreten der beiden luxurirenden Gefäßbündel, welche normalerweise in das Augenkissen gehen und sich mit dem centralen, stärksten Bündel zur Bildung des Blattstielstranges vereinigen sollen.

Bei üppigen Kulturvarietäten von Birnen zeigten die vorjährigen Zweige die Endigungen dieser seitlichen Gefäßbündel als solche zitzenförmige, berindete Holzanschwellungen, welche meist zu zweien in annähernd gleicher Höhe in der Nähe des Auges an den Längsleisten auftreten, die zu beiden Seiten des Auges sich am Internodium abwärts ziehen.

Betrachten wir zunächst die stets nur ganz weiche Auftreibungen darstellenden, bisweilen ein Drittheil eines Zweiges einnehmenden Frostbeulen.

Soweit meine Beobachtungen reichen, stützen sie folgende Ansicht:

Die Rinde wird im Frühjahr bei schon sehr gesteigerter, vegetativer Thätigkeit des Baumes in größeren Blasen durch den Frost vom Holzcylinder abgehoben. Sofort beginnt in dem auf dem Holze verbliebenen Theile des Cambiums eine reiche Zellvermehrung zur Ausfüllung der entstandenen Lücke. Das Produkt dieser Zellvermehrung ist je nach dem Rindendruck, unter welchem die neugebildeten Zellen entstehen, ein verschiedenes. In der Mitte, also da, wo die Rindenblase am höchsten, hat das auf dem Holze verbliebene Cambium gar keinen Druck auszuhalten. In Folge dessen ist das dort entstehende Gewebe ein ganz dünnwandiges, radial gestrecktes Parenchym. Je weiter man an den Umfang der Blase, wo dieselbe an die fest sitzen gebliebene Rinde grenzt, herantritt, je niedriger also der Hohlraum der Blase wird, je schneller somit dieser Hohlraum ausgefüllt wird, desto schneller hat sich der Rindendruck wieder eingestellt, und desto mehr nähern sich die Neubildungen dem normalen Holze, in welches sie schließlich am ganzen Umfang der Blase übergehen.

Der ganze hier stattfindende Prozeß ist der, welcher bei der Neuberindung einer künstlich hervorgerufenen Schälwunde eintritt. Der Unterschied liegt bei der Beulenbildung nur darin, daß die Rinde nicht abgeschält, sondern nur stellenweise durch Frost abgehoben und daß somit die vom Holzkörper ausgehende Neuproduktion dem Auge zunächst nicht sichtbar wird. Man kann sie bisweilen in ihrer ungemeinen Ueppigkeit sehr klar erkennen, wenn man bei großen Frostbeulen die Rinde aufschneidet. Es gelingt dann hier und da eine mehrere Centimeter lange und 0,5—1,0 cm hohe gekrösartige Wucherung, die gar nicht mit der alten Rinde zusammenhängt und nur auf dem Holzkörper ruht, bloßzulegen. In einem Falle (bei der Birne Bonne Louise d'Avranche) hatte die Wucherung den Rindenmantel gesprengt und war als unregelmäßig contourirte, etwa kegelförmige Masse mit warzig-krümeliger Oberfläche weit über den Stammumfang hervorgetreten.

Diese Frostbeulen stellen einen höchst gefährlichen Krankheitszustand des Baumes dar.

Ich habe bis jetzt nicht gesehen, daß solche, auch von der unverletzten Rinde bedeckt gebliebene Stellen von Wuchergewebe durch Umschließen mit normalem Holze verheilt worden wären; wohl aber findet man Stellen, bei denen die Rinde im Umkreise der Geschwulst bereits zu vertrocknen beginnt. Ich kann auch nicht glauben, daß dieses saftige, parenchymatische Gewebe einen auch nur mäßig strengen Frost überdauern kann. Es werden sich aller Wahrscheinlichkeit nach in den folgenden Jahren diese Stellen als abgestorbene Flächen am Stammumfang erweisen, deren Ueberwallung von dem gesunden Gewebe aus nur höchst langsam erfolgen kann.

Wenn man an bisher gesunden Stämmen zum ersten Male derartige Beulen bemerkt und dies in den ersten Sommermonaten der Fall ist, wird es sich empfehlen, den Baum stark zu schröpfen. Dies muß in der Weise geschehen, daß man oberhalb der Beulen das Messer einsetzt und mehrere Längsschnitte durch die Beulen bis unter dieselben in das gesunde Gewebe hinein vollführt. Durch den Wundreiz, den man auf das gesunde Gewebe in der Umgebung der Beule ausübt, wird erstens dieses Gewebe zu erhöhter Ueberwallungsthätigkeit angeregt, zweitens wird der Zudrang an plastischem Material von dem krankhaften Wuchergewebe abgelenkt.

Die beschriebene Beule ist ein Beispiel für die im Jahre der Frostwirkung selbst bemerkbaren Neubildungen. Im Folgenden handelt es sich um ältere Verheilungszustände von inneren Verwundungen, die wir dem Froste zuschreiben.

Dieselben sind bei Kirsche, Apfel und Ahorn beobachtet worden; bei Ahorn sind sie bisher am schönsten anzutreffen gewesen und zwar an zweijährigen, über $1\frac{1}{2}$ m Länge besitzenden Trieben. Manche derartige, zweijährige Triebe zeigten in ihrem ganzen Verlaufe mit Ausnahme der Spitzenregion kleine, flache, etwa $\frac{1}{2}$ mm hohe, allseitig sanft verlaufende, vollkommen berindete Buckel, welche mehr durch das Gefühl als durch das Auge bemerkbar wurden. Die äußere Rinde erschien durchaus normal und als die direkte Fortsetzung der übrigen, nicht erhabenen Parthie des Zweiges. Im Querschnitt läßt sich die Ursache der Rindenauftreibung in einer Anschwellung des Holzkörpers erkennen, welcher im Anfange des zweiten Jahresringes ein Nest holzparenchymatischer, sehr weiter, stärkereicher Zellen gebildet hat. In der Regel findet sich ein solches Parenchymnest genau zwischen zwei Markstrahlen, so daß der seitliche Uebergang von diesem krankhaften Holzgewebe zum gesunden ein ziemlich plötzlicher ist, während diese abormen Holzelemente in radialer Richtung ganz allmählich die normalen Dimensionen und Verdickungen annehmen. Nur zeigen sich noch in dem radial angrenzenden sowohl, wie in dem seitlich anstoßenden, regulär gebauten Holze einzelne stark erweiterte und verkürzte, mit Stärke (im März untersucht) erfüllte Holzzellen.

In dem Holzparenchymneste finden sich unregelmäßig verlaufende, gelbe Streifen; die gelbe Färbung rührt von gequollenen Zellwandungen her, die

bei Frostschädigungen allgemein vorkommen. Auch andere Merkmale einer bestimmten Gruppe von Frostschäden sind vorhanden, wie z. B. die Zerrung der Markstrahlzellen an der Froststelle nach einer Seite hin und die tonnenförmige Erweiterung des Markstrahles bei seinem Eintritt in das Parenchymnest. Diese tonnenförmige Erweiterung des Markstrahls wird weniger oft durch Vermehrung seiner Zellen hervorgerufen, als durch Verbreiterung derselben auf Kosten ihrer Länge; dabei bemerkt man nicht selten eine in die Augen springende Verdickung der secundären Membran. Eine Zellvermehrung zeigt sich am häufigsten bei den einzelligen Markstrahlen, die von der Froststelle aus 2zellig werden. Je weiter sich ein solcher Markstrahl in das Parenchymnest hinein fortsetzt, desto breiter und kürzer erscheinen im Querschnitt seine einzelnen Zellen und mit desto schiefer stehenden Wandungen greifen sie keilförmig in einander, anstatt stumpf an einander gefügt zu bleiben; endlich werden alle Zellen in dem Parenchymneste, dessen Elemente im Centrum des Nestes am weitesten sind, gleichgestaltet, so daß man überhaupt eine Differenzirung der Markstrahlen nicht mehr erkennt.

Dem gelb- bis braunstreifigen Neste von Holzparenchym entspricht in demselben Radius eine ehemals damit zusammenhängende, jetzt aber durch dazwischen geschobenes, neues Holz getrennte, braune Rindenzone, die tangential gestreckt ist. Die Zone besteht aus unregelmäßig verlaufenden, auch unter einander selten parallelen, gelbbraunen bis tiefbraunen Streifen und dazwischen liegenden helleren Parthien. Die Streifen erweisen sich, wie im Holz, aus erkrankten, gelbwandigen Zellen gebildet, die noch erweitert oder auch schon zusammengesunken sind und z. Th. gequollene Membranen besitzen. In Folge der Quellung sieht man häufig die Schichtung der Membranen sehr deutlich, ja man gewahrt bisweilen sogar ein Auseinanderblättern der einzelnen Lamellen, wenn der Schnitt eine Zellwand zufällig günstig trifft. Der Zellinhalt dieser z. Th. schon von dem gesunden, grünen Rindengewebe scharf abgehobenen Stränge ist meistens braun, klumpig geballt oder auch schon körnig zerfallen. Bei dem Färben der Schnitte mit Campecheholzextrakt zeigten sich oft sehr hübsche Bilder, wenn concentrirte Chlorzinkjodlösung hinzutrat. Die Holzzellwandungen in ihrer verschiedenartigen Verdickung traten deutlicher hervor. Einzelne Gruppen von Holzzellen färbten ihre Wandungen intensiver gelb und zeigten sich mehr gequollen; es waren dies die Wände der *die Gefäße umgebenden, stärkeführenden, gefächerten Holzzellen*[1]), *welche somit empfindlicher sein dürften*, als die anderen Elemente des Gefäßbündels.

[1]) Aus diesen gefächerten Holzzellen sah ich nach dem Erwachen der Vegetation am 16. März 1878 große, dunkelblaue *Stärkeranken*, bei Behandlung der Schnitte von Acer und Salix viminalis mit stark saurer, concentrirter Chlorzinkjodlösung austreten; etwas später zeigten die stärkeführenden Herbstholzzellen die gleiche Erscheinung, während dieselbe am seltensten an den Markstrahlzellen zu beobachten war. Bei dem

Es kommen nun auch Frostbeulen nach radialen Rissen vor. Bei diesen dürfte vielleicht die Entstehung des radialen Risses wirklichen Eiskrystallen zuzuschreiben sein. Göthe[1]) sagt, daß solche Eisdrusen auch im Holz der Obstbäume in radialer Stellung auftreten und dem unbewaffneten Auge als bräunliche, den Markstrahlen parallel laufende Streifen=Fleckchen erscheinen.

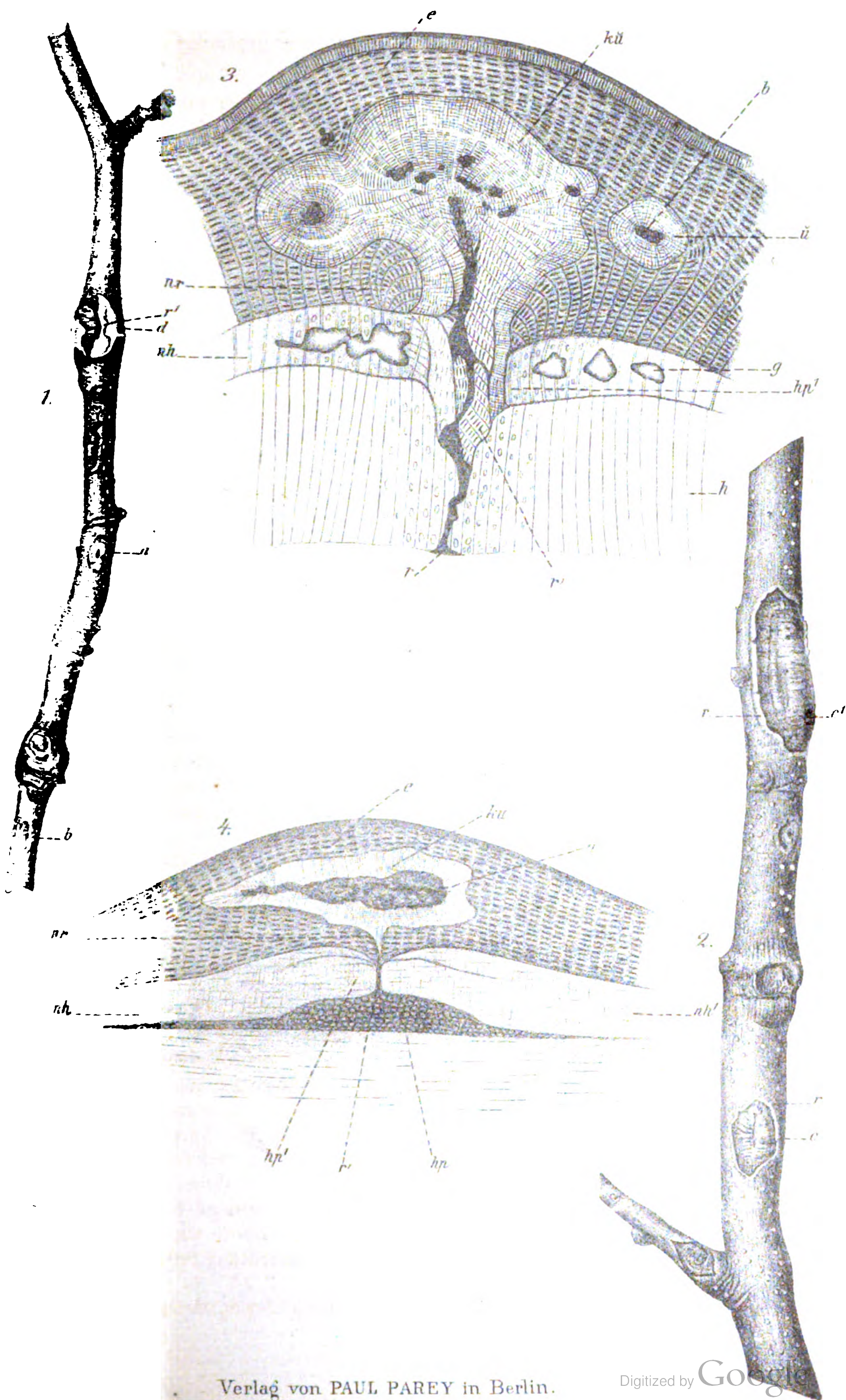
Bei Frostbeulen der Kirsche, die in Fig. 3 u. 4, Taf. II skizzirt sind, zeigt sich das anatomische Bild insofern etwas abweichend von dem Bau des Ahornzweiges, als hier meist der Gummifluß in Folge der Verletzung sich hinzugesellt. Fig. 3 ist der Querschnitt aus dem Centrum einer Beule, Fig. 4 ein seitlich der Mediane der Wunde entnommener Längsschnitt. r ist der braune Streifen aus todtem Gewebe, welches den die Beule veranlassenden, inneren, feinen Riß zunächst begrenzte. Dieser Riß war äußerlich gar nicht sichtbar; denn die äußersten Rindenschichten e sind unverletzt geblieben, obwohl die Wunde ziemlich tief war und bis in das alte Holz h hineinreichte;

Austreten der wurmförmig gewundenen Stärkeranken, die um so länger waren, je dicker die Schnitte gemacht wurden, ließen sich in der Umgebung farblose, nadelförmige Krystalle beobachten. Die Struktur der Ranken ist verschieden. Bald erkennt man ihre Zusammensetzung aus den einzelnen, unregelmäßig gequollenen Stärkekörnern noch sehr deutlich, indem ein fester gebliebener Kern der Körner über die Oberfläche der glatten, durch Verschmelzung der peripherischen Schichten der Stärkekörner entstandenen Wandung der schlauchförmigen Ranke höckerig hervortritt; bald jedoch ist die Substanz der hohlen Ranke gleichmäßig hautartig und die Oberfläche glatt; die Spitze erscheint oft zackig.

Bei älterem Holze treten die Stärkeranken im Herbstholze des letzten und vorletzten Jahresringes am zahlreichsten auf. Bei stärkerer Vergrößerung sieht man die Uebergänge in der Zusammensetzung der Ranke genau; bald erkennt man noch größere, ziemlich scharf umrandete, einzelne Stärkekörner, die in einer leicht blauen Membran eingebettet liegen, bald sieht man nur noch verschwindend kleine, dichtere Punkte in der dunkelblauen Wandung der Ranke. Bisweilen ist diese Ranke oder, vielleicht besser gesagt, dieser Schlauch an seiner Basis und Spitze ganz gleichmäßig in seiner Membran, und nur in der mittleren Region finden sich Anhäufungen von Körnchen, die in der Membransubstanz eingebettet liegen.

Glycerin hellt die Schläuche auf, die übrigens sowohl auf der Oberseite, als auf der Unterseite des Schnittes hervortreten. Alkohol läßt sie schärfer contourirt und dunkler erscheinen; Kalilauge entfärbt sie und zeigt die körnigen Bestandtheile der Wandung besser. Die Bildung der Ranke scheint zu erfolgen durch Quellung der Stärkekörner, die dann platzen und ihren Inhalt mit dem Reagenz zu einer Membran umformen, an der man bisweilen helle kreisrunde Stellen erkennt, gleichsam als ob Vacuolen bei der Bildung angelegen hätten. Die zackige Beschaffenheit der Spitze wird durch unregelmäßiges Hervortreten der einzelnen äußersten Stärkekörnchen bedingt. Diese Ranken möchte ich für Traube'sche Zellen halten; stark saures Chlorzink mit Kali allein zeigte hautartige Niederschläge. Zinnchlorid (neutral) und Eisenchlorid (sauer) erzeugen keine Ranken, die übrigens durch Schwefelsäure oder Salzsäure nicht zerstört werden; ein Eintrocknen der Zweige, die vorher viele Ranken zeigten, vermindert die Ausbildung derselben oder hebt sie ganz auf.

[1]) Die Frostschäden der Obstbäume u. ihre Verhütung, Berlin, Parey 1883, S. 27.



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.

sie muß aber von Anfang an sehr eng gewesen und zu einer Zeit entstanden sein, in der eine Ueberwallung sofort möglich war; denn es senkte sich das überwallende Gewebe r[1] alsbald in die Wunde, ohne daß erst größere Gewebepartien zum Absterben gekommen wären. Dieses junge, weiche Ueberwallungsgewebe, sowie die an die erkrankten Parthien der Rinde angrenzenden Zellen, erzeugten alsbald dicke Korklagen ku, welche das todte Gewebe vollständig einhüllten und von dem gesunden isolirten. Die Hartbastbündel b, welche mitten im gesunden Rindengewebe in der nächsten Nähe der Wunde erkrankten, sind durch isolirte Korkumwallungen eingeschlossen, so daß von ihnen aus eine weitere Zersetzung des umgebenden chlorophyllhaltigen Rindenparenchyms nicht stattfinden kann.

Bei dem Heilungsvorgange bemühte sich nun das neue Holz nh und die neue Rinde nr, die Wunde von den Seiten her zu überdecken. In der Mitte der Wunde, wo die klaffenden Ränder am weitesten abstehen, Fig. 3 nh, ist ein Schluß noch nicht erreicht; dagegen ist an den Seitenparthien dieser Fall bereits eingetreten; es haben sich von oben und unten her die beiden neuen Holzlagen Fig. 4 nh, nh[1] mit ihren Rändern vereinigt und das todte Rindenstück, Fig. 4 a, von dem todten Holztheil schon getrennt. Je älter und dicker die neuen Holz- und Rindenlagen werden, desto mehr wird die todte Rinde nach außen gedrängt und endlich ganz abgestoßen. Das abgestorbene Holz hp, welches parenchymatischer Natur war und die augenblicklich noch frischen Ränder hp[1], die ebenfalls aus Holzparenchym gebildet sind, gehen erst ganz allmählich in festeres, normales Gewebe über. Das erst gebildete, zur Ueberwallung sich anschickende Neuholz trägt in der mittleren Wundgegend den Todeskeim schon in sich, indem zahlreiche Gummiherde (Fig. 3 g) sich gebildet haben, welche das wenig widerstandsfähige Gewebe in kurzer Zeit auflösen werden.

Bei älteren Ueberwallungen an einem durchaus nicht üppigen Ahornzweige wurde auch einmal eine Spaltung des Jahresringes bemerkt, indem die Herbstholzregion auf einer Seite des Zweiges sich durch eine bedeutend dicke, gefäßreiche Frühjahrsholzzone in zwei Blätter spaltete und dann wieder mit der erstgebildeten Zone verschmolz, so daß auf einer Zweigseite ein Jahresring mehr zu zählen war, als auf der anderen.

Sehr häufig fand sich in einem Jahre die Spaltung des Jahresringes und eine höchst ungleiche Vertheilung von Herbst- und Frühlingsholz innerhalb desselben Jahresringes in den gesunden Parthien bei zweijährigen, krebsigen Apfelzweigen, die ich von Herrn Dr. Lucas in Reutlingen erhielt. Dieselben schien hier unabhängig von den Augen und auch von den Krebsstellen aufzutreten und eher von der Richtung des Zweiges gegen den Horizont abhängig zu sein; der Zweig zeigte immer auf derselben Seite die dickste Herbstholzschicht. Zeigte sich die Spaltung der Herbstholzschicht in der Nähe ruhender Augen, so erkannte man, daß eine keilförmig nach beiden Seiten

hin sich zuspitzende Lage von weitlumigem, gefäßarmem, stärkereichem Holze sich tangential in den Herbstholzring eingeschoben fand. Der auf diese stärkereiche Holzzone folgende Theil des Herbstholzringes zeigte dickwandigere Holzzellen auf den anderen Zweigseiten.

u) Frostlappen, Korklocken.

Gegenüber den Beschädigungen, die vorzugsweise auf übermäßige Spannungsdifferenzen in den einzelnen Gewebezonen der holzigen Achse zurückzuführen sind und ohne Tödtung nennenswerther Gewebemassen verlaufen, wohl aber zur Bildung innerer Sprünge und darauf zur Bildung von Frostbeulen Veranlassung geben, sind diejenigen Frostschäden jetzt in's Auge zu fassen, bei denen große Gewebepartien zum Absterben gelangen. Das Ablösen der Gewebemassen von einander ist erst ein secundärer, durch das Vertrocknen der todten Parthien herbeigeführter Vorgang.



Fig. 18.

Zu diesen letzteren Erscheinungen gehören die lockenartig zurückgerollten Fetzen der äußersten Rindenlagen, die nach tödtlichen Frostwirkungen ganze glattrindige Aeste oder junge Stämme in Baumschulen bekleiden. Diese z. Th. flatternden, trocknen Häute wurden schon gegen Ende des Monats Mai und anfangs Juni wahrgenommen und zwar als Folge einer tiefgehenden Rindenbeschädigung, welche verursachte, daß das Periderm weichholziger Aepfel- und Birnensorten (Morgenduftapfel, Herbstsylvesterbirn, von welcher der beistehende Holzschnitt, Fig. 18) sich stellenweis blasig abhob. Solche Blasen reißen später in einem Längsspalt auf. Das gesammte Rindenparenchym erscheint unterhalb des Risses geschwärzt und trocknet schnell zusammen.

In dem Maße, als sich der Riß erweitert, schreitet die Zersetzung des

Rindengewebes in weiterem Umkreise fort; zunächst wird das Gewebe gelbgrün und stellenweis weich. Das weiche Gewebe dunkelt nach, sinkt zusammen und vertrocknet soweit, als das Periderm von dem Rindenparenchym überhaupt abgehoben ist. Mit der Zeit werden diese todten Stellen auch ganz bloß gelegt, indem der Längsriß in der Peridermblase sich verlängert und neu auftretende Querrisse die ganze, abgehobene Korkhaut in mehrere Lappen theilen. Bei dem Zusammentrocknen rollen sich dann die einzelnen Lappen rückwärts ein und entblößen dadurch das bisher bedeckt gewesene Rindenparenchym. Es bleibt zu bemerken, daß grade die Basis der jungen, noch glattrindigen Stämme am meisten derartige Korklappen zeigte, während die jüngeren Zweige äußerlich unversehrt erschienen und auch frisch austrieben, aber allerdings nach einiger Zeit gelbe und welke Blätter erhielten.

Von der Ausdehnung und Häufigkeit solcher Frostlappen, die immer wieder durch gesund gebliebene Stellen von einander getrennt gefunden wurden, hängt es ab, ob der Baum am Leben bleibt. Meist stirbt derselbe, da das Cambium unter den geschwärzten Rindenstellen todt ist. Die Gegend in der Umgebung der Augen oder fortgeschnittener Zweige erscheint zu derartigen Frostbeschädigungen besonders geneigt.

v) **Brand** (Sphacelus).

(Hierzu Taf. III).

Die häufigste, in mancherlei Modifikationen vorkommende Frostwirkung bei Bäumen charakterisirt sich als ein Absterben und Auftrocknen der Rinde auf den Holzkörper. Kleinere, todte Rindenstellen werden auch als „Frostplatten“ von dem große, zusammenhängende Flächen bildenden „eigentlichen Brand“ unterschieden. Immer sind damit Verfärbungserscheinungen, bisweilen auch Spaltungsvorgänge im Holzkörper unterhalb der todten Rindenstellen verbunden. Das Absterben ist als direkte Frostwirkung anzusehen, welche bis zu verschiedener Tiefe eindringt und demgemäß ein verschiedenartiges Aussehen der Brandwunden hervorrufen kann. So ergreift z. B. häufig der Frost nur die jüngsten Rinden- und Splintschichten einschließlich des eigentlichen Cambiums; die älteren, äußeren Rindenlagen sterben dann nur aus Mangel an Ernährung ab. Da die vom Frost getödtete Rinde sich kurze Zeit nach dem Aufthauen dunkel verfärbt, so sehen wir im Frühjahr (besonders oft bei Birnen) zunächst an einzelnen Baumseiten oder Zweigen eingesunkene, scharf umgrenzte, oft nur sehr geringe Ausdehnung besitzende Stellen, die bald trocken werden und dem Holzkörper fest anhaften. (Taf. III, Fig. 1 p.) Es sind dies die oben erwähnten „Frostplatten“ mancher Obstbaumzüchter. Im Laufe des Sommers entsteht an der Grenze zwischen dem aufgetrockneten und dem gesunden, durch das Dickenwachsthum des Stammes sich hebenden Theil der Rinde eine Riß-

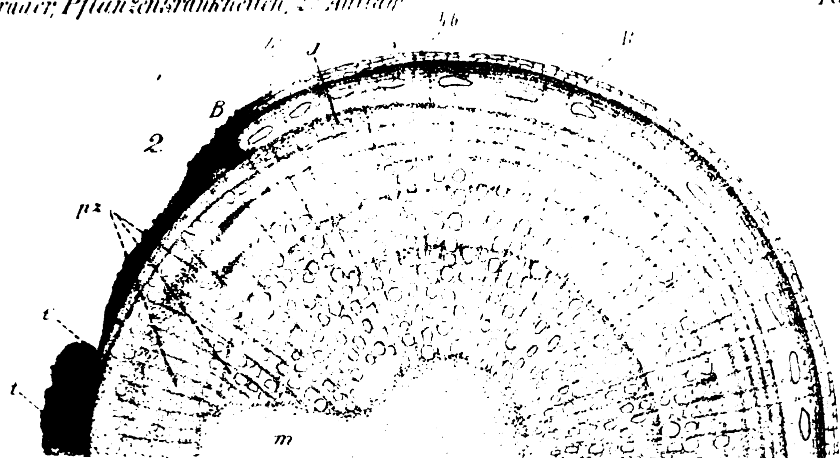
stelle, durch welche der abgestorbene Theil nun von der Umgebung isolirt wird und seinen hemmenden Einfluß verliert. (Fig. 1 r.)

Die Hemmung, welche eine solche todte Rindenstelle ausübt, liegt in der Druckerhöhung des übrigen Rindenmantels, so lange derselbe mit dem todten, trocknen, dehnungsunfähigen Gewebe noch verbunden ist. Wenn nach dem Vorübergehen des Frostes der Baum im Frühjahr schnell, wie bei dem Erfrieren der Wurzeln erwähnt worden, seinen neuen Verdickungsring anlegt, preßt er die Rinde auseinander. Dieselbe folgt um so leichter, je elastischer sie ist. Je leichter sie dem Innendrucke nachzugeben geneigt ist, desto geringer ist ihr schnürender Einfluß, den sie auf die Elemente des Jahresringes ausübt. Wenn nun der elastische, fest angezogene Rindengürtel an einem Theil seines Umfanges die Dehnbarkeit verliert, so ist seine gesammte Dehnungsfähigkeit so lange vermindert, als das todte Stück noch nicht ausgeschaltet ist. In der Nähe der todten Stelle wird der Rindendruck am größten, die Zahl der neugebildeten Elemente am geringsten sein.

Dies sehen wir bei Beginn der Heilungsvorgänge. Der Baum sucht die todte Stelle durch Bildung von Ueberwallungsrändern von den gesunden Rindentheilen aus zu decken. Dies kann nun je nach der Art des Brandschadens in zwei Formen geschehen. Wenn nämlich der Zweig zur Zeit des Frosteintritts schon älteres Holz besitzt, das auf der Brandseite wohl gebräunt, aber nicht gespalten wird, dann schieben sich oftmals die Ueberwallungsränder allmählich zwischen die todte Rinde und den Holzkörper und heben langsam die schorfartig trockne, braune Rinde ab. Mit jedem folgenden Jahre rücken die Ueberwallungsränder von den Seiten her auf einander mehr und mehr zu, bis sie sich endlich vereinigen, die geschwärzte Holzstelle decken, und dabei die ehemals aufgelagerte Rinde nach außen drängen und abstoßen.

Im vorliegenden Holzschnitt (Fig. 19), der einen brandigen, jungen Birnenstamm darstellt, sehen wir oben den alten, geschwärzten, bloßgelegten Holzkörper, welcher ursprünglich von der hier hellgezeichneten Rinde im frischen Zustande bedeckt war. Die Rinde ist an der ganzen Baumseite vom Froste getödtet, aufgetrocknet und durch die nach dem Frost hervorgekommenen Ueberwallungsränder von den gesunden Baumtheilen abgeplatzt worden. Die buckelförmige Erhöhung an der Basis der Zeichnung zeigt die bei Brandstellen häufige Verbreiterung des abgeflachten Stammes.

An dünnen Zweigen besitzen die Frostplatten manchmal eine nur geringe Ausdehnung; dafür aber zeigt sich der Holzkörper unter der auftrocknenden Rinde radial gespalten. Der beim Nachlassen des Frostes sich schließende Spalt wird nun schnell überwallt, die getödtete Rinde schnell abgehoben und die Ueberwallungsränder schneller vereinigt. Hierbei erfolgt nun die Vereinigung nach Art der Frostleisten, d. h. die Ränder springen leistenartig über die normale Jahresringebene hervor, während sie bei den breiteren, nur langsam sich



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.

schließenden Wunden den Achsencylinder an der erfrorenen Stelle abgeflacht erscheinen lassen.

In beiden Fällen aber zeichnen sich die Ueberwallungsränder dadurch aus, daß sie unter dem hohen Druck der todten Rinde entstehen, daher an ihren äußersten Enden am schmalsten sind, sich also keilförmig zuspitzen. Diese keilförmige Verjüngung der sich über die todte Fläche ausbreitenden Ueberwallungsränder ist das charakteristische Merkmal des Brandes im Gegensatz zum Krebse, dessen Ueberwallungsränder nach der Wundstelle hin an Dicke zunehmen und sich wulstartig in den offnen Spalt, der den Krebsanfang bildet, hineinsenken.



Fig. 19.

Daß die Gewebe der Ueberwallungsränder je nach den Druckverhältnissen, unter denen sie entstehen, verschieden sind, ist leicht zu ermessen und wird bei dem Krebs ausführlicher besprochen werden.

In der Fig. 2, Taf. III entspricht die dunkle Stelle B einer Frostplatte p in Fig. 1; t ist ein Rest der todten Rinde, deren gesunder Theil R, durch die weißglänzenden Hartbastbündel hb kenntlich, von dem todten Gewebe durch eine schräg verlaufende, sich an die normale Korkbekleidung K bei B anlegende Korkzone getrennt ist. Der nach dem Frost entstandene Jahresring ist mit J bezeichnet. Wenn man denselben nach der Wundstelle hin verfolgt, sieht man, wie er sich spitz auskeilt und unter der aufgetrockneten, todten Rindenstelle t¹t noch ganz fehlt. Erst der nächstjährige Ring würde sich dazwischen schieben. Der Bau dieses zugespitzten Ueberwallungsrandes ähnelt durch das nur sehr gering ausgebildete Holzparenchym und die bald auftretenden, dickwandigen Holzzellen mit Gefäßen viel mehr dem des normalen Holzes, als bei den auf Taf. IV, Fig. 2 bei h recht deutlich hervortretenden, lippenförmig sich aufwulstenden, holzparenchymatischen Ueberwallungsrändern des Krebses, der in Taf. III, Fig. 3 in der „rosenartig offnen“ Form (brandiger Krebs Göthe's[1]) die Mittelbildung zwischen den

[1]) Zum Krebs der Apfelbäume. Bot. Z. 1884, Nr. 25.

glatten Ueberwallungsrändern des Brandes und den zu Knoten gewulsteten in Taf. IV, Fig. 1 u darstellt. Daß diese Mittelbildung immerhin zum Krebs und nicht zum Brand gehört, lehren die wulstigen Ueberwallungsränder, von denen u^1 der im ersten Jahre nach dem Erfrieren des Zweiges z entstandene, u^4 der letztgebildete, die krebsige Holzparenchymbildung am stärksten zeigende Ueberwallungsrand ist. Die Verwandtschaft des „offnen Krebses“ mit dem Brande liegt in der ausgedehnten Wundfläche.

Wir sehen in der Fig. 2, Taf. III aber nicht die Jahresringe gleichmäßig um das Mark sich erstrecken, sondern dieselben durch eine Ausbuchtung des Markes (Markbrücke) durchbrochen. Es ist dies die normale Markverlängerung, welche den Raum ausfüllt, der bei dem Heraustreten eines Gefäßbündels in den Blattstiel sich im Holzkörper bildet. Die einzelnen Elemente des vor m liegenden Bündels sind in der Zeichnung nicht besonders markirt, um desto besser die lockernde Wirkung eines solchen heraustretenden Bündels auf die vorliegenden Jahresringe zu zeigen.

Wir sehen dieselben durch minder helle, hier braun erscheinende, sichelförmige Zonen, pz, die fein keilförmig nach den Seiten hin ausstrahlen, unterbrochen. Diese Zonen bestehen aus dünnwandigerem, bisweilen gefäßlosem, verkürztem Prosenchym, bisweilen sogar der Hauptsache nach aus stärkereichem Holzparenchym. Die Differenz im Bau und in der tangentialen Ausdehnung hängt von Art, Varietät und, wie es scheint, auch vom Standort ab. Die Individuen, welche Brandwunden besaßen, zeigten recht stark entwickelte „Lockerungszonen“ (Fagus). Daß auch die Elemente des heraustretenden Bündels bisweilen sichtlich vom Rindendruck beeinflußt werden, ergiebt sich aus der Beobachtung, daß die vor m sichtbare, radial gefächerte Anordnung der Elemente des heraustretenden Bündels irritirt wird. Die hier geraden Radien erscheinen bei üppig wachsenden Sorten geknickt und die longitudinal gestreckten Holzzellen und Gefäße diagonal bis horizontal verschoben. In einem Querschnitt von dieser wimmerigen Beschaffenheit erscheinen die Markstrahlen nicht mehr als zusammenhängende Linien, sondern ähnlich wie bei Knollenmaserbildungen, durch geschlungene Gefäßstränge und Holzzellgruppen gekreuzt.

Es ist vorhin gesagt worden, daß die Frostplatten als engbegrenzte, in allen Richtungen relativ geringe Ausdehnung zeigende Brandschäden anzusehen sind, die bis zu großen, ganze Baumseiten umfassenden Brandflächen alle Uebergänge zeigen. Außer bei Birne lassen sich auch bei Rothbuche leicht solche Frostplatten auffinden. An reichlich mit derartigen Platten besetzten Zweigen dieses Baumes ließ sich als die in das gesunde Gewebe am weitesten hineingehende, letzte Ausstrahlung der Frostwirkung die Bräunung des Inhalts einzelner, durch das Mark zerstreueter Zellen nachweisen; diese Zellen haben unzweifelhaft einen andern Inhalt als die übrigen, farblos gebliebenen Markzellen und nähern sich betreffs des Zellinhalts wahrscheinlich der Markkrone, die leicht ebenfalls gebräunt wird.

Die Bräunung theilt sich nicht, wie bei der Wundfäule, der Umgebung mit; denn die schon vorhandenen, sowohl als die sich später noch bildenden Zellen in der nächsten Nähe der frostgebräunten Zellen bleiben hellwandig und gesund. Die gebräunten Markzellen enthalten ebensogut Stärke wie die nicht angegriffenen, so daß die braune Färbung nicht von veränderter Stärke, sondern von einem andern Stoffe herrühren muß. Nicht in allen Fällen leidet das Mark. Manchmal ist bei 2—3jährigen Zweigen der Holzkörper in der Weise gebräunt, daß die gelbe, gummiartig aussehende Ausfüllung der Gefäße bis zur Markkrone hin stattgefunden hat und auch die Markstrahlen bis nahe zum Centrum gebräunt erscheinen, der Markkörper selbst aber ohne jede krankhafte Verfärbung ist. Solche Differenzen finden in demselben Zweige an verschiedenen Internodien statt. Indeß bleibt als Regel, daß die ersten Anfänge der Bräunung sich durchschnittlich an einzelnen Zellen des Markes, namentlich auch der Markkrone zeigen, daß zunächst nur der Inhalt und später erst die Wandung sich verfärbt und daß diese Inhaltsfärbung auf einer Bräunung und Erstarrung der Zellflüssigkeit zu beruhen scheint. Die gummiartig festgewordene Masse kann beim Schneiden scharfkantig brechen. Ebenso glaube ich, die Ausfüllung der Gefäße z. Th. auf das Erstarren des flüssigen bereits vorhandenen Inhalts zurückführen zu müssen und so mit Leichtigkeit die oft tropfenartige Formirung der Ausfüllungsmasse erklären zu können. Bei Untersuchungen der Blattausscheidungen eines amerikanischen Weines fand Crasso[1]) 0,24 % Trockensubstanz, welche zur Hälfte aus organischer Substanz und zwar neben Weinsäure aus einer gummiartigen Masse bestand. Von anorganischen Bestandtheilen wurde Kali und Kalk nachgewiesen. Man sieht hieraus, wie verbreitet und leicht transportabel die gummiartige Substanz ist. Erst in zweiter Linie mag die aus den ein Gefäß umgebenden Zellen herübergetretene Substanz, sowie die durch Membranquellung (secundäre Membran) hervorgebrachte Verstopfung des Lumens in Betracht gezogen werden.

Der Bräunung im Markkörper folgt in der Regel bei zunehmender Intensität die Verfärbung einzelner Markstrahlen und einzelner Bastparenchymgruppen in der Rinde. An den Rothbuchenzweigen ließ sich auch eine, auf einzelne Gefäßbündel beschränkte Frostwirkung manchmal erkennen; die Verfärbung hält sich dann innerhalb zweier Hauptmarkstrahlen, ergreift zuerst den Kronentheil des Bündels, schreitet in radialer Ausdehnung fort und schließt oft plötzlich mit einer Jahresringgrenze ab.

Man sieht bisweilen eine Gefäßwand noch gar nicht oder einseitig gebräunt, wenn der Inhalt schon gänzlich verfärbt erscheint. Bei schwacher Wirkung ist nur ein leicht gelblicher Farbenton in der Gefäßwand bemerkbar; bei intensiverer Färbung derselben erscheint der Inhalt tief dunkelbraun und oft

[1]) Crasso: Die Spiralgefäße. Meißen 1883.

körnig. Wenn 2 Gefäße aneinander grenzen, von denen das eine farblos, das andere gebräunt erscheint, kann grade die an das leere Gefäß grenzende Wandung braune Masse angelagert haben, was dafür spricht, daß diese Füllsubstanz schon im Gefäß vorher in anderer Form vorhanden und nicht erst aus der Umgebung eingetreten ist. Es ist oben erwähnt worden, daß an der Ausfüllung der Gefäße und Holzzellen sich auch die secundäre Membran betheiligen kann: diese quillt zunächst auf und zwar zuweilen bis zur Ausfüllung des Lumens einer Holzzelle oder eines engen Gefäßes, welche dann noch farblos und gleichmäßig lichtbrechend erscheinen. Daneben liegen Zellen und Gefäße in tiefer Bräunung; ihre auskleidende Masse liegt oft tropfenförmig der Wand an oder ringartig und scharf abgegrenzt von der Membran. In andern Fällen ist zwischen der Auskleidungsmasse und der Zellhaut keine Grenze und hierbei die Betheiligung der Membran zweifellos. Es kommt auch vor, daß nur eine innere Lage der Zellmembran sich bräunt und quillt und dann erstarrt. Diese gequollene Lage hat dann am Innenumfange der Zelle oder des Gefäßes nicht mehr Platz und faltet sich nach innen, so daß ein farbloser Hohlraum zwischen der nach innen ausgestülpten, braunen Membranlamelle und dem äußeren, unverändert gebliebenen Theile der Wandung sich zeigt.

Bei eingetretener Bräunung des Cambiums, die ebenso einseitig erfolgen kann, wie die übrigen Verfärbungserscheinungen durch Frost, ist in geringeren Stadien auch nur der Inhalt gebräunt und erst nachträglich die Wandung. Die direkt an das Herbstholz angrenzende Zellenlage schien am empfindlichsten zu sein. Sobald der Querschnitt eine Differenzirung der nach außen an die zarteste Zellenlage anstoßenden Gewebe erkennen läßt, bemerkt man auch eine Ungleichartigkeit der Frostwirkung, indem die bogenförmig von Rindenstrahl zu Rindenstrahl sich spannenden, in der Streckung voraneilenden Parenchymzellen weniger leiden, als das von ihnen begrenzte, kleinzellige Innengewebe.

Die hier erwähnten Beobachtungen repräsentiren häufige Einzelfälle, aber nicht durchgängig anzutreffende Erscheinungen. Eine weitere Aufzählung wäre bei der Verschiedenartigkeit der Frostwirkungen an verschiedenen Individuen und Gehölzen hier nicht am Platze. Erwähnt sei nur, daß, wenn wir die Bräunung als eine chemische Frostwirkung ansehen, in einzelnen Fällen, namentlich bei parenchymatischen Gewebemassen, diese noch gar nicht recht zur Wirksamkeit gelangt ist, wenn die mechanische Frostwirkung sich bereits in augenfälliger Weise bemerkbar gemacht hat. So wurde z. B. bei schwacher Frostwirkung nach Spätfrost Markzerreißung bei Sambucus und Prunus Avium constatirt, wobei die Bräunung eine sehr geringe war. Die Zerreißung besteht mit Vorliebe in einer Trennung der dünnwandigen Markelemente von den derbwandigen in der Markkrone. Ein Fall bei Süßkirsche ist besonders bemerkenswerth. Der Markkörper des einjährigen Zweiges erschien von einer Seite bis über die Mitte hinaus zerklüftet, und in die entstandene Lücke wucherten fadenartig, wie bei den

Wollstreifen des Aepfelkernhauses, die Zellen der Markperipherie. Gummosis war nicht vorhanden. Der Fall wurde bei den sogenannten „Frostrunzeln" beobachtet; er ist deßhalb interessant, weil er die nachträglich im Mark wieder erwachte Wachsthumsthätigkeit zeigt; was im Allgemeinen nur bei weichen Hölzern (Tilia) vorkommt. Das Fehlen der Gummosis erschien mir auch recht für die kurzwährende, mechanische Wirkung des schwachen Spätfrostes zu sprechen; da dieselbe nie als Folgeerscheinung fehlt, wenn es sich um die Wirkung anhaltender, intensiver Fröste handelt.

Auch bei den obenerwähnten Branderscheinungen findet sich als Regel, grade so wie bei Krebs, mit der Zunahme der Parenchymmassen (Fig. 2 pz, Taf. III) zwischen den normalen Theilen des Jahresringes, eine Zunahme der Gummiheerde bei den Amygdalaceen und der Harzheerde bei den Coniferen. Bei dem Krebs kann man auch wahrnehmen, daß der Lockerung des Holzkörpers durch Holzparenchym eine Lockerung des Rindenkörpers in demselben Radius durch Schwächung des mechanischen Ringes entspricht; es fehlen nämlich die Hartbastbündel in der Rinde der Ueberwallungsränder so weit, als im Holzkörper der Letzteren die eigentlichen, dickwandigen Holzzellen fehlen.

w) Der Krebs (Carcinoma).

Mit dem Namen „Krebs" bezeichne ich alle diejenigen Wunden, welche sich durch wuchernd üppige, schnell sich erzeugende, an der Außenseite leicht absterbende, oft den Durchmesser der sie tragenden Achse übertreffende, faltige, vorzugsweise aus Holzparenchym gebildete Ueberwallungsränder auszeichnen. Es giebt keine Krebswunden, bei der nicht der Holzkörper stark erkrankt und stellenweis getödtet wäre.

Der Apfelkrebs.
(Hierzu Taf. IV.)

Aeußere Erscheinung.

Der äußeren Erscheinungsweise nach sind zwei Formen auseinander zu halten, welche als „rosenartig offner oder brandiger Krebs" (Taf. III, Fig. 3) und als „geschlossener oder knolliger Krebs" (Taf. IV, Fig. 1) bezeichnet worden sind.[1]) Bei dem „offnen Krebs" liegt im Grunde der Wunde eine dem bloßen Auge leicht wahrnehmbare, geschwärzte, abgestorbene, mehr oder weniger große Holzfläche. Diese wird (in der Mehrzahl der Fälle allseitig) umgeben von einem ebenfalls holzigen, unregelmäßig wulstigen und faltigen, auch abgestorbenen und schwärzlichen, bereits rindenlos gewordenen Ueberwallungsrande. Je nach dem Alter der Krebsstelle liegen nun auf diesem ersten Ueberwallungsrande neue, ebenso faltige Wundholzränder, von denen jeder nach außen

[1]) Sorauer: Ueber den Krebs der Apfelbäume. Tageblatt der Naturforscher-Versammlung zu Hamburg. Beilage S. 102.

folgende noch weiter von dem meist durch einen abgestorbenen Zweig bezeichneten Mittelpunkte der Wunde zurückspringt, als der vorhergehende (Taf. III, Fig. 3 z). Letzterer bleibt mithin an seinem vorderen Theile ungedeckt. Meist ist jeder folgende Ueberwallungsrand auch dicker und krauser als der vorhergehende, und dadurch wird die Aehnlichkeit der ganzen Wundstelle mit einer entfalteten, schalenförmigen Rosenblume noch erhöht. Da fast stets jeder neugebildete Wundrand im Laufe des nächsten oder der nächsten Jahre an seinen äußeren Flächen abstirbt, so schreitet das Absterben rückwärts am Stammumfang fort, bis endlich der Tod der ganzen Achse erfolgt.

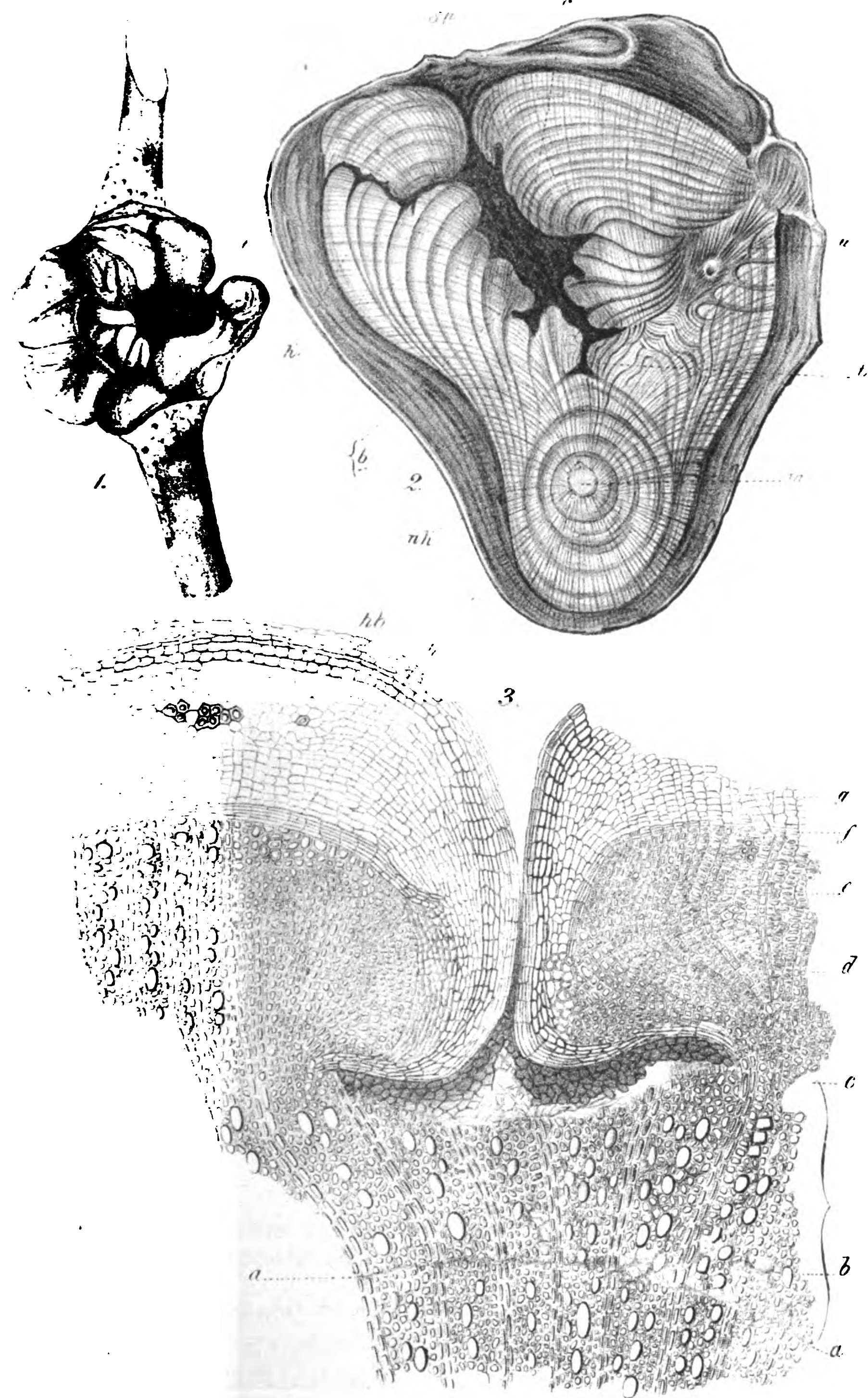
Zur Erklärung der größeren Hinfälligkeit der üppigen Ueberwallungsränder mag auf eine Analyse von Daube[1]) über die Zusammensetzung des Jungholzes hingewiesen werden. Das Wundholz hat nämlich in hohem Maße den Charakter des Jungholzes (Splintes).

Daube untersuchte Kern und Splint von einer 103jährigen Lärche, einer 104jährigen Kiefer, einer 75jährigen Fichte, einer 125jährigen Eiche und einer 180jährigen Buche. Der Gehalt an C. H., O. und N. war ohne wesentliche Differenzen; nur bei der Kiefer zeigte sich ein größerer Gehalt an C. und geringerer an O. im Kernholz gegenüber dem Splintholz. Daube schreibt dies dem größeren Gehalt an kohlenstoffreichen Harzen zu. Sehr in die Augen springend sind dagegen die Unterschiede im Aschengehalt. An Kali, Natron, Kalk, Magnesia, Phosphorsäure, Schwefelsäure, Kieselsäure und Eisenoxyd waren enthalten in 10000 Theilen des wasserfreien Holzes bei Lärche im Splint 21,12 und im Kern 11,41, bei Kiefer im Splint 17,54 und im Kern 13,62, bei Fichte im Splint 23,62 und im Kern 18,81, bei Eiche im Splint 40,39 und im Kern 15,87, bei Buche im Splint 45,42 und im Kern 37,88 Theile. Wenn man vorläufig auch von den enormen Schwankungen im Gesammtaschengehalte der einzelnen Hölzer absieht, so fallen doch zunächst die bei den einzelnen Bäumen so verschiedenartigen Abstände zwischen Kern und Splint sehr wesentlich auf. Bei der Eiche enthält z. B. der Kern fast nur ein Drittel der Mineralsubstanzen des Splintes. Noch bemerkenswerther aber ist, daß es grade Kali, Phosphor- und Schwefelsäure sind, die in überwiegender Menge im Splintholz vorhanden. Diese Stoffe werden aus dem Kernholz ausgewandert sein. — Nach R. Hartig's[2]) Angaben vermehrt sich bei der Kernholzbildung das Trockengewicht; es „entsteht der Kern durch Ablagerung verschiedenartiger, aus dem Strang- und Strahlenparenchym entstammender

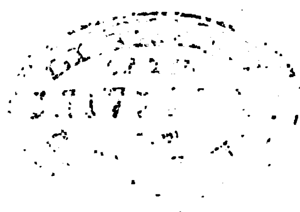
---

[1]) W. Daube: Chemische Analysen des Kern- und Splintholzes wichtiger Waldbäume. Forstl. Blätter, 20. Jahrg. 1883, Heft 6, cit. Biedermann's Centralbl. 1884, Oktoberheft S. 696.

[2]) Botan. Ver. in München, 24. April 1884, cit. Bot. Centralbl. 1884, Nr. 38, S. 377.



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



Stoffe, unter denen Gerbstoffe die hervorragendste Rolle spielen." Die Verkernung ist keineswegs als beginnende Zersetzung aufzufassen.

Die nach außen hin zunehmende Dicke der Ueberwallungsränder erklärt sich dadurch, daß das von oben herabkommende, plastische Material des noch lebenden, belaubten Zweiges in jedem folgenden Jahre durch das Zurücktreten des Ueberwallungsrandes sich auf einen kleineren Theil des Zweig- oder Stammumfanges zu vertheilen hat und demgemäß die immer kürzer werdende Cambiumzone mit relativ reichlicherer Nährstoffmenge zu Neubildungen versieht.

Der geschlossene Krebs (Taf. IV, Fig. 1) stellt bei vollkommener Ausbildung annähernd eine kugelige, bisweilen den Zweigdurchmesser um das Drei- bis Vierfache übersteigende, knotige, meist vollkommen berindete Holzwucherung dar, welche an ihrem Gipfel abgeflacht und im Centrum der Gipfelfläche trichterförmig vertieft ist. Im Gegensatz zu dem offnen Krebs umfaßt diese Geschwulst einen viel geringeren Theil der sie tragenden Achse, ersetzt aber die geringere Breitenausdehnung durch bedeutend größere, radiale Erhebung, also größere Höhe.

An denselben Zweigen und Aesten, an denen Krebsgeschwülste auftreten, läßt sich häufig auch Brand constatiren. Bei allen 3 Arten von Verletzungen trifft man im Winter nicht selten in den abgestorbenen, zerklüfteten Wundrändern die leuchtend rothen bis braunen, stumpf-kegelförmigen oder auch ovalen Kapseln der Nectria coccinea oder ditissima.[1])

Macht man einen Querschnitt durch die Geschwulst des geschlossenen Krebses, so zeigt sich ungefähr folgendes Bild. Wir sehen (Fig. 2, Taf. IV) die ganze große Anschwellung radial in zwei Gruppen zerklüftet durch einen Spalt (sp) mit wulstigen Rändern, der die innere Fortsetzung der äußerlich erkennbaren, trichterförmigen Vertiefung am abgeflachten Gipfel der Krebsgeschwulst bildet (Fig. 1 t). Am Grunde des Spaltes liegt meist eine braune, mehlartige oder kittartige Masse, die sich als aus humifizirten Zellenresten bestehend erweist. Die Ränder (r) des Spaltes sind ebenfalls stark gebräunt; sie werden gebildet durch braunwandige, mit todtem, braunen Inhalt versehene, parenchymatisch gestaltete, derbwandige, poröse Zellen. Je weiter man von diesen im Absterben begriffenen Spalträndern rückwärts nach dem gesunden Theile des Stammumfanges hin fortschreitet, desto mehr verliert sich die braune Färbung. Das Gewebe wird weiß; es ist gebildet aus Holzparenchym, das außerordentlich viel Stärke besitzt. Allmählich treten Gruppen stark lichtbrechender Zellen in diesen Holzparenchymmassen auf; es sind bereits deutlich langgestreckte, dickwandige Holzzellen, die bisweilen vereinzelt oder in kleinen Gruppen, anscheinend unregelmäßig ver-

[1]) Die Kapseln des Pilzes stehen zwar in weniger dichten und aus weniger Individuen zusammengesetzten Gruppen, als bei den in Rabenhorst Fungi europaei Nr. 924 und 1630 ausgegebenen Exemplaren und zeigen auch etwas größere Schläuche und Sporen, indeß dürfte hieraus ein Artunterschied nicht abzuleiten sein.

streut im parenchymatischen Gewebe erscheinen (Fig. 3 h), aber nach und nach, bei zunehmender Menge der Gruppen dickwandiger Elemente als in einzelne Linien geordnet sich erweisen. Mit dem Auftreten der ersten Holzzellen parallel geht das Erscheinen der Hartbastzellen h b in der Rinde. Diese prosenchymatischen Elemente sind die ersten Anfänge normaler Jahresringbildung und laufen von dem Wundrande aus nach rückwärts immer näher zusammen, bis sie sich in einem normalen Jahresringe auf der gesunden Seite vereinigt haben. Wenn wir von der normalen Jahresringzone der gesunden Stammseite ausgehen, können wir diese Bildung so auffassen, als ob das prosenchymatische Gewebe eines gesunden Jahresringes (Fig. 2 n h) sich innerhalb der Krebsgeschwulst, die der Hauptmasse nach aus hier und da große Krystalle von oxalsaurem Kalk führendem, stärkereichem Holzparenchym besteht, in mehrere, fächerartig auseinandergehende Aeste spaltete (Fig. 2 h, Taf. IV).

Die Wundränder selbst findet man nicht vereinigt, den Spalt also trotz seiner Enge niemals ganz verwachsen, da die äußeren, den Spalt begrenzenden Zellen immer wieder absterben.

Im Verhältniß zu der ungemein üppigen Neubildung ist die Masse der absterbenden Zellen bei dem „geschlossenen Krebs" eine sehr geringe; daher bildet hier die todte Stelle immer nur einen engen, gewundenen Spalt, während bei dem „offnen Krebs" das ursprünglich getödtete Gewebe eine derartig breite Fläche bildet und das Absterben der Wundränder ein so weitgreifendes ist, daß nicht nur die gleich anfangs abgestorbene Holzfläche ungedeckt bleibt, sondern auch jeder Ueberwallungsrand durch den folgenden nicht mehr vollkommen gedeckt wird.

Die charakteristische Fächerung (Fig. 2 n h, h) der holzparenchymatischen Wucherränder ist bei dem offnen Krebs minder deutlich und kann in dem Falle ganz verschwinden, daß der ganze, gesund gebliebene Achsentheil in der Höhe der Krebswunde an der exorbitanten Verdickung theilnimmt, also eine einseitige Hypertrophie der Achse ausschließt. Diese Vorgänge der Fächerung eines Jahresringes oder einer Verdoppelung desselben kommen bei andern Ernährungsstörungen in ähnlicher Weise vor, wie Kny's [1]) Beobachtungen an Stämmen, die von Raupenfraß heimgesucht worden sind, beweisen. In Verbindung mit den spaltenförmigen Wunden sind sie aber, soviel mir bekannt geworden, nur dem Krebs eigenthümlich.

Einen Beweis für die Weichheit des Gewebes der Krebsgeschwulst giebt die Trockensubstanzbestimmung von normalem und krebskrankem Wundholz bei Kirsche. Das normale Holz zeigte 66,9 % Trockensubstanz, das darüber stehende Krebsholz nur 45,1 %.

Aus dem Umstande, daß die Krebsgeschwulst häufig die Dicke des sie tragenden 2—3jährigen Zweiges bedeutend übertrifft, ist zu schließen, daß die

---

[1]) Verhandl. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1879.

Geschwulst, die auf einem diesjährigen Triebe nie zu finden ist, also erst im folgenden Jahre ihren Anfang nimmt, sehr schnell wachsen muß. Bei dieser schnellen Entwicklung des Gewebes ist es nicht zu verwundern, daß der Charakter der Vegetationsbedingungen, unter denen ein solch wucherndes Krebsgewebe entsteht, zum sichtbaren Ausdruck gelangt, während bei dem langsamen Wachsthum der normalen Zweigseite die Entwicklung des Holzes eine relativ so langsame ist, daß nur große und lange andauernde Differenzen der Wachsthumsbedingungen in dem Charakter des Gewebes sich kenntlich machen können. Man findet daher innerhalb der üppigen Krebsgeschwulst in einiger Entfernung vom Rande der Wunde, wo überhaupt der durch die Trockenheit wechselnde Rindendruck wieder zur sichtbaren Wirkung gelangt, daß das parenchymatische Holzgewebe kürzere Trockenperioden anzeigt, indem es derbwandigere, engere, herbstholzartige Zellreihen anlegt, dann (wahrscheinlich nach Regenperioden) damit aufhört und Holzparenchym bildet, um später innerhalb desselben Sommers noch einmal oder zweimal mit der Bildung derbwandigerer Elemente anzufangen.

Verfolgt man auf Taf. IV, Fig. 2 vom Mark m ausgehend die dunklere Zonung, welche den derbwandigen Holzelementen entspricht (und in dem normalen Achsentheile das Herbstholz gegenüber dem reicheren Frühjahrsholz, innerhalb der Krebsgeschwulst aber überhaupt Prosenchym gegenüber dem Holzparenchym andeutet), so sieht man deutlich, wie die letztgebildeten, dunklen Ringe im gesunden Theile nach dem kranken hin fächerartig sich theilen. a bedeutet einen schräg angeschnittenen, abgestorbenen Ast.

Diese Ueppigkeit des Wachsthums, welche sich durch Bildung der gefächerten Krebsgeschwulst kund giebt, darf aber durchaus nicht zu dem Schlusse führen, daß das ganze Wachsthum des Baumes stets ein üppiges sei; man findet im Gegentheil bei mageren, schmachtenden Bäumen an gewissen Oertlichkeiten ein regelmäßiges Auftreten von Krebsknoten.

Die krebsigen und auch brandigen Bäume zeigen meistens eine sehr üppige Flechtenvegetation. An der centralen Haftstelle eines solchen Flechtenpolsters läßt sich oft constatiren, daß die Korklagen des Zweiges schief aufgeblättert sind und die Thallusstränge sich dazwischen geschoben haben. Ja, es sind Fälle beobachtet worden, in denen der Flechtenthallus die ganze schützende Korklage eines Zweiges durchsetzte und auf den theilweis noch Chlorophyll führenden, collenchymatischen Rindenzellen angelangt war. So schadlos also, als man im Allgemeinen die gelben und grauen Parmeliacolonien erklärt, dürften dieselben nicht sein. Wie sehr aber die Ausbreitung der Flechten von einer uns noch unbekannten Beschaffenheit des Baumes (wahrscheinlich einer größeren Weichheit, Lockerheit und Rissigkeit der Rinde) abhängt, beweist die Beobachtung an verschiedenen, älteren Stämmen von Fraxinus. Die etwa 1 bis $1^1/_2$ m hohe Unterlage erschien nur sparsam mit Flechtenpolstern bekleidet, während der aufgesetzte Edelstamm, der bisweilen schon eine 12—15jährige Krone trug, von

Flechtenvegetation dicht überzogen war. Krebsstellen an alten Eschen auf nassem Boden waren mit Flechtenpolstern vollständig überdeckt.

Jugendzustände.

Als jugendliche Zustände der Krebsgeschwülste und krebsartigen Brandstellen dürften verschiedene Formen anzusprechen sein. Bei Bäumen mit offnen Krebswunden findet man kleine, eingesunkene, dunkle, flache Rindenstellen unterhalb oder rings um ein Auge, wie sie bei Frostplatten ebenfalls auftreten.

Je größer die Wundfläche, desto schwächer ist die Auftreibung des Ueberwallungsrandes. Bei manchen Exemplaren umfassen die todten Rindenstellen den größten Theil des Zweigumfanges; in Folge dessen erscheint die über der kranken Rindenstelle liegende Zweigparthie abgestorben. Die Wundstelle behält ein glatteres Ansehen, da die Rinde zusammenhängend erhalten bleibt; nur die unmittelbar um das Auge herumliegende, am meisten erkrankte Stelle grenzt sich bei dem Vertrocknen durch annähernd concentrische Sprünge von der noch dehnbar gebliebenen Umgebung ab. Bei andern Zweigen, bei denen die erkrankte Stelle weniger als die Hälfte des Zweigumfanges umfaßte, zeigte der über der Krebsstelle befindliche Zweigtheil sich noch lebendig. Es trat dann die Anschwellung des überwallenden Gewebes schon viel bedeutender auf und zwar durchschnittlich etwas mehr oberhalb der Wunde als unterhalb derselben. In Folge dieser größeren Anschwellung ist aber die Rinde um die kranke Stelle herum auch mehr zerplatzt und z. Th. schon schuppig gelöst. Zwischen den Sprüngen, innerhalb der zusammengetrockneten, todten Rindenstelle, fanden sich braune, verkittete, leicht zerreibliche Massen von parenchymatischem Gefüge, die ehemaligen, chlorophyllführenden Rindenzellen, und dazwischen blicken schon hier und da weißliche, feine Längsadern durch die abgestorbene Masse; es sind dies die ausgelaugten Hartbaststränge.

Merkwürdigerweise zeigen sich die so dickwandigen und anscheinend so widerstandsfähigen Hartbastbündel grade sehr empfindlich gegen Frost.

Bei Versuchen mit künstlicher Kälte erwiesen sich die Frostwirkungen innerhalb der Rinde in den Hartbastzellen am weitesten in das gesunde Gewebe sowohl unterhalb als oberhalb der Wunde hinein fortgesetzt. Der lebendig gebliebene Rindentheil in der Umgebung der Hartbaststränge bildet dann Korkzellen zur Isolirung des todten Gewebes, und so findet man denn nicht selten bei Brand und Krebs stark entwickelte Korkgruppen in der Rinde als Umwallung todter Baststränge.

Eine andere Modifikation junger Frostwunden stellt einen einzigen kleinen Rindenspalt dar, der häufig aber nicht immer in der nächsten Nähe eines Auges auftritt oder auch durch Zerstörung der Knospe selbst während ihrer Vorbereitung zum Austreiben im Frühjahr entsteht. Die Figur 20 zeigt einen Birnenzweig, der bei a unterhalb eines kurzen Aestchens, eine tiefe, bereits überwallte Frost-

spalte besitzt; bei b, der Gegend des sog. Astringes mit seinen kurzen Internodien und vielen schwachen Augen ist die Rinde durch zahlreiche kleine Sprünge zerklüftet und schuppenförmig aufgetrocknet. Grade der jüngere, obere Theil c des Zweiges ist aber gesund geblieben. Bei solchen Rindenspalten finden sich die stärksten Ueberwallungsränder, die manchmal einen einzigen, geschlossenen, mit gleichmäßiger Rinde bekleideten Buckel, oft aber zwei einander berührende, lippenförmige, meist der Länge nach verlaufende, Auftreibungen darstellen, die faltig nach der häufig gewundenen Mittelspalte, dem ehemaligen Rindenrisse, abfallen. Aber nicht immer stellen die Rindenrisse Längsspalten dar, und demgemäß ist dann die Ueberwallung auch nicht in Form von 2 wulstig aufgeworfenen Lippen anzutreffen, sondern mehr als knollige, kugelige Erhebung mit kraterförmiger, centraler Vertiefung. An 9 mm dicken Zweigen finden sich bereits Krebsknoten von 13 mm Höhe und 35—45 mm Breite. Andere, ebenso dicke, zweijährige Zweige zeigen aber auch bisweilen nur sehr schwache, schwielige, mit neuer Rinde versehene, gleichmäßig geschlossene Auftreibungen, welche aus einem Spalt der alten Rinde hervorbrechen.



Fig. 20.

Die in Fig. 1 und 2, Taf. II dargestellten Zweige zeigen verschiedene Verletzungen an krebskranken Bäumen in natürlicher Größe. Bei 1 a findet sich eine ovale, eingesunkene Rindenstelle in der Nähe eines Auges. Der seit der Verletzung stattgehabte Zuwachs hat die Spannung an der todten Stelle so vermehrt, daß in der Mitte derselben sich ein Sprung in der aufgetrockneten Rinde eingestellt hat. Bei b sehen wir ein etwas fortgeschritteneres Stadium; die todte Rinde in der Mitte der Wunde wird bereits emporgehoben durch seitlich hervorgetretene und schon mit einander verschmolzene Ueberwallungsränder. Die in Fig. 2 c und c^1 gezeichneten Stellen weisen nun schon stark hervortretende Höcker mit gleichmäßiger, neuer Rindenbekleidung auf; r sind die trocknen, schorfartig etwas vorspringenden Ränder der primären Zweigrinde, welche durch den Frost auseinandergeborsten war. Hier sind die Stellen nicht in der unmittelbaren Nähe des Auges; c ist mitten im Internodium und c^1 auf der entgegengesetzten Seite eines Auges. Bei Fig. 1 d, Taf. II hat die Wunde das Gewebe rings um ein Auge erfaßt. Das Auge ist gestorben und die Umgebung eingesunken.

Die Wundfläche ist hier zu groß; die Rinde, r^1, unter welche Luft eingetreten, ist mit der gesunden Umgebung noch im Zusammenhang und die Neu-

produktion an der Grenze der todten Stelle hat eine Verbreiterung des Zweiges hervorgerufen, wie sie bei Brandwunden sehr häufig ist.

Ursache des Krebses.

Eine weitere Beschreibung der in den Krebsstellen sich vorfindenden Veränderungen der einzelnen Gewebeelemente kann unter Hinweis auf das folgende Capitel über die Einwirkung künstlicher Fröste hier fortgelassen werden. Es zeigte sich nämlich kein Unterschied in der Beschaffenheit der einzelnen Zellen und Gefäße bei den durch künstlichen Frost erzeugten und den hier beschriebenen natürlichen Wunden.

Auf diesen Befund der todten oder doch stark erkrankten Zellelemente lege ich aber keinen so wesentlichen Werth, weil auch bei andern Todesursachen das abgestorbene Gewebe ähnliche Veränderungen zeigt. Wohl aber messe ich der Uebereinstimmung in den Zerklüftungs- und Heilungsvorgängen zwischen den hier beschriebenen und den künstlichen Frostwunden eine Beweiskraft bei. In Folge dessen spreche ich die in der Abbildung vorgeführten Krebswunden als Frostschäden an.

Unerschütterlich ist der Beweis darum nicht, weil es mir bisher noch nicht gelungen, bei den in Folge künstlicher Frostwirkung erzeugten Wunden die beschriebenen, gezonten, üppigen Ueberwallungsränder hervorzurufen. Dieser Mangel liegt darin begründet, wie ich vermuthe, daß sich noch nicht das richtige Stadium der schnellsten Neubildung hat durch die künstliche Kälte überraschen lassen. Dieses Stadium ist, wie Parallelversuche mit zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Schnittwunden darthun, bei jedem Individuum je nach Varietät und Standort ein zu verschiedenen Zeiten eintretendes. Aber einerseits haben meine Schnittversuche eine an demselben Individuum bemerkbare Zunahme in der Dicke der Ueberwallungsränder ergeben, wenn die Schnitte in der Zeit reichster Bildung von plastischem Material ausgeführt wurden; andrerseits haben die von Göthe ausgeführten, beim Weinkrebs erwähnten Versuche durch Schlagen der Rinde zur thatsächlichen Erzeugung der bei dem Weinkrebs ebenfalls enormen Holzwucherungen geführt.

Es ist mithin der erste Punkt, nämlich die Nachahmung von den an Krebsbäumen vorkommenden, natürlichen Wunden vermittelst künstlicher Fröste durch meine Versuche als gelöst zu betrachten; der zweite Punkt, nämlich der Wundschluß durch wuchernde Ueberwallungsränder, dürfte in nicht zu ferner Zeit ebenfalls günstig erledigt werden.

Ich halte deßhalb unbedingt an der Auffassung fest, daß die hier als Frosterscheinungen dargestellten Fälle durch Frost erzeugt werden können und meistens auch durch Frost erzeugt werden.

Daß einzelne dieser Frosterscheinungen, wie namentlich der Brand, in ihrem äußeren Aussehen mit den durch andere Ursachen hervorgerufenen Störungen

übereinstimmen und daß unter Umständen auch Pilze die Veranlassung für ein stellenweises Absterben des Rinden- und Holzkörpers geben können, sei nicht geleugnet.

In den von mir beobachteten Fällen von Pilzbrand aber finde ich den Wundbau abweichend von Frostwunden. Die Beobachter, welche Krebs auf den Einfluß parasitärer Pilze zurückführen, erwähnen entweder die Veränderungen des Holzkörpers nur vorübergehend, oder bleiben doch die Antwort schuldig, auf welche Weise vom Pilze die Holzwucherungen hervorgerufen und später wieder von demselben Pilze zerstört werden sollen. Sie bestätigen nur, daß bei Aussaat von Nectria auf Rinde dieselbe zum Absterben gebracht werden kann. Nectria kommt auf Brandstellen ebenso reichlich mindestens als auf Krebsstellen vor, und bei manchen Krebsknoten habe ich überhaupt keine beobachten können, wenn auch selbstverständlich Mycel in den todten Rindenpartbien fast immer zu finden ist.

Außerdem geben jene Beobachter aber auch die Existenz eines Frostkrebses zu. [1])

Es kommen auch enorme Holzanschwellungen vor in Folge der Einwirkung von Pilzen; aber da ist der Bau des hypertrophirten Holzkörpers ein anderer wie z. B. bei Gymnosporangium und Aecidium elatinum. Bei letzterem Pilze bleibt die Rinde nicht nur im ganzen Umfange unversehrt, sondern hypertrophirt selbst unter Bildung auffallend großer Zellen.

Es sind somit die parasitären Holzerkrankungen wohl zu unterscheiden von den Frostschäden, und ebenso ist die noch später aufgetauchte Meinung, daß die Froststörungen mit der Wundfäule identisch sind, nach meiner Ansicht nicht zutreffend.

Hartig [2]) definirt sehr richtig die Pilzkrankheit als eine alljährlich weiter um sich greifende, während der Frostkrebs eben nur in Frostjahren an Größe zunimmt. Ferner, sagt er, tödtet der Spätfrost von der bloßgelegten Stelle aus auch den Holzkörper bis zur Markröhre, während beim Pilzkrebs der bloßgelegte Holzkörper meist nur äußerlich gebräunt wird. Was Hartig aber abbildet, ist Brand und nicht Krebs; es fehlen die wulstigen Ueberwallungsränder der Wunde; dagegen ist die bei Brandschäden fast immer bemerkbare, seitliche Verbreiterung des Stammes, hervorgebracht durch Verstärkung des Holzzuwachses an den die Wunde seitlich begrenzenden Theilen des Jahresringes bemerkbar. Diese seitlichen Parthien haben das plastische Material, das normalerweise über die Wundfläche abwärts sich hätte bewegen müssen, allein auf-

---

[1]) Hartig, R.: Die krebsartigen Krankheiten der Rothbuche, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen. IX. S. 377 ff.

R. Göthe: Mittheilungen über den Krebs der Apfelbäume. Berlin u. Leipzig, Voigt 1877.

[2]) Lehrbuch der Baumkrankheiten. Berlin, Springer 1882, S. 186.

produktion an der Grenze der todten ... [illegible] ...ührung. Dadurch wird der
hervorgerufen, wie sie bei Bran... [illegible] ...itig abgeflacht erscheinen.
[illegible] ...ition des Krebses ist die einzige
[illegible] ... suchen, welche über die die Krank=

Eine weitere Be... [illegible] ... neuerdings Plowright[1]) bilden als
änderungen der ein... [illegible] ... mit ab, welche ich als „Brand“ abtrenne.
Capitel über die ... [illegible] ... diese Namen verwenden will, sobald man zwei
zeigte sich näm... [illegible] ... zeichnen muß (und dies ist von den ältesten Autoren
und Gefäße b... [illegible] ... dann kann man nicht anders, als diejenige Gruppe
natürlichen ... [illegible] ... Ursachen veranlaßten Erscheinungen abzutrennen, die sich
Auf ... [illegible] ... gleicher Wundform durch die charakteristische Art der Ueber=
ich aber ... [illegible] ... Krankheitsform darstellt, bei welcher außer der schädigen=
abgesto... [illegible] ... Ursache noch ein zweiter Faktor, nämlich die an und für sich auch schon
Ueber... [illegible] ... krankhafte Wucherung der Ueberwallungsränder, in's Spiel kommt.
hier ... Dies ist bei den von mir als Krebs zusammengefaßten Krankheitserscheinungen
Fr... der Fall und fehlt bei den von mir als typische Brandschäden bezeichneten
... Verletzungen, während andere Autoren den offnen Krebs zu den Brandbeschä=
digungen ziehen.[2])

[1]) Canker in Apple Trees. Gard. Chronicle 1884 vom 19. April, S. 509.

[2]) Die Verwendung der Namen „Brand“ und „Krebs“ zur Bezeichnung verschiedener Krankheitserscheinungen finden wir schon bei Theophrast,*) der „Brand“ (Sphakelismos), das Schwarzwerden und Absterben der Wurzeln, und „Krebs“ (Krados) das Schwarzwerden der Zweige (beim Feigenbaum) nennt. Auch hier folgt schon die Beobachtung, daß der wilde Feigenbaum weder Brand, noch Krebs bekommt. Plinius,**) der seine Angaben über Pflanzenkrankheiten fast ausschließlich von Theophrast entlehnt, spricht zwar nur von Wurzelschmerz und Gliederschmerz; unterscheidet aber als Carbunculatio ein Absterben durch ungünstige Frühjahrswitterung. Anderthalb Jahrtausende später finden wir noch keine andere Anschauung, ja berühmte Bücher über Landbau bringen weniger als Theophrast. Colerus***) spricht von einer „Schwulst der Bewne“ und meint damit Rindenauftreibungen, unter denen eine jauchige Flüssigkeit sich entwickelt. Rindenauftreibungen, unter denen der Holzkörper ebenfalls wuchert, führt auch Theophrast beim Oelbaum unter dem Namen „Schwamm“ oder „Nagel“ (Lopas-Loxas) an. Von diesen Nägeln sagt Sprengel, daß sie in Italien häufig bei den Oliven auftreten und in runden, warzigen, in der Mitte vertieften, berindeten Holzauswüchsen bestehen. Diese Beschreibung würde unserm „geschlossenen Krebs“ entsprechen.

*) Naturgeschichte der Gewächse. Uebersetzt und erläutert von Sprengel, Altona 1822. I. S. 178 ff.

**) Plinii Secundi naturalis Historiae libri XXXVII edit. Janus. Buch 17, Cap. 37, 5 u. 4.

***) M. Johannis Coleri Oeconomia u. Haussbuch etc. Ander Theil. Wittenberg. 1600, Buch V., Cap. 12.

halte diese Auffassung nicht für glücklich, da wir dann zu einer festen
ng von Brand und Krebs überhaupt nicht kommen. Es ist gar
de zu stellen, daß die so mannigfach combinirten Wund- und

berühmte Peter de Crescentijs*) bringt nur eine von späteren Autoren
sache des Brandes herangezogene Notiz, daß man die Bäume beim Verpflanzen
eder so nach den Himmelsgegenden orientiren möchte, wie sie früher gestanden haben. Peter Laurenberg**) erwähnt den Brand (sphacelus) als ein heimliches Uebel, das unter schädlichen Witterungseinflüssen und auch durch die Gestirne (Orion, Pleiaden, Arctur) hervorgerufen wird.

Ein Beobachter, der nicht mehr das Frühere abgeschrieben, ist Heß,***) der in Folge der Frühjahrsfröste den Brand an der Mittagsseite bei den Bäumen beobachtet hat. Wenn die frühere Mittagsseite des Baumes durch das Verpflanzen nach einer andern Gegend kommt, „alsdann muß ohnfehlbar ein Schade daraus entstehen, sintemal die Nordseite des Mittages Sonne gar nicht gewohnet und wird sie nicht allein von der großen Hitze gedürret, sondern auch im Frühling durch die harte Nachtfröste erschrecket und die Rinde in die Höhe gezogen, hernachmals durch die Sonne den Tag über ausgetrucknet und verbrennet, woraus alsdann der Brand entstehet; wie er denn gemeiniglich an der Seite, so gegen Mittag stehet, gemerket wird." H. giebt auch später an, daß er durch Schutz an der Mittagsseite die Bäume gesund erhalten hat. Er unterscheidet auch vom Brand den Krebs: „diese Krankheit kann man daran erkennen, daß die Rinde hin und wieder Bücklein auffwürfet." In einer Anmerkung des Theodorus Phytologus wird dann gesagt: „So entspringet auch der Krebs offt von eben demselben auffwallenden Safte, aus welchem der Brand entstehet und haben diese zwey Krankheiten offt einerley Ursache."

Um dieselbe Zeit bezeichnet de la Quintinye†) den Krebs als „une manière de galle ou de pourriture seiche," welche sich häufig in der Rinde und im Holze bildet.

Wir sehen, wie immer deutlicher der Name „Krebs" zur Bezeichnung von Holzgeschwülsten in den Vordergrund tritt. Spätere Gartenschriftsteller acceptiren diese Auffassung.††) Die Krankheit „Krebs, Baumkrebs, Kanker, Fresser," bei welcher die Rinde Buckel bekommt und auffspringt, führt Riebel†††) auf Saftüberfülle zurück und empfiehlt ein Anbohren des Stammes und Spalten der Wurzeln 2c. Direct auf Frost führt Philipp Miller*†) Krankheitserscheinungen, die er mit dem Namen Brand bezeichnet, zurück. Im Wesentlichen sind die Miller'schen Urtheile eine Wiedergabe der Hales'schen Ansichten, der unter Brand (blast) nicht nur Frost, sondern auch Sonnen-

---

*) Der „New Feldt vnd Ackerbaw von Petrum de Crescentijs beschrieben." Deutsche Ausgabe, Frankfurt a./M. 1583, S. 352.

**) Petri Laurembergii Rostochiensis Horticultura. Francofurti 1631. Cap. XXXV.

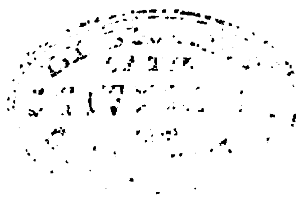
***) Heinrich Heßens Neue Gartenlust 2c., vermehret und mit dreyen nützlichen Registern versehen durch Theodorum Phytologum 1690, Cap. 8.

†) Le parfait jardinier etc. Par feu Mr. de la Quintinye. Paris 1695, t. I, p. 31.

††) R. P. Christophori Fischeri soc. j. Fleißiges Herrenauge 2c., Nürnberg 1719. 5. Abth., I., S. 168—170.

†††) Riebel: Kurz abgefaßtes Gartenlexicon 2c. Nordhausen 1751, S. 420.

*†) Das Englische Gartenbuch oder Philipp Miller's Gärtner-Lexicon 2c. Nach der 5. Ausgabe in's Deutsche übersetzt von Huth. Nürnberg 1750, S. 136.



Stoffe, unter denen Gerbstoffe die hervorragendste Rolle spielen." Die Verkernung ist keineswegs als beginnende Zersetzung aufzufassen.

Die nach außen hin zunehmende Dicke der Ueberwallungsränder erklärt sich dadurch, daß das von oben herabkommende, plastische Material des noch lebenden, belaubten Zweiges in jedem folgenden Jahre durch das Zurücktreten des Ueberwallungsrandes sich auf einen kleineren Theil des Zweig- oder Stammumfanges zu vertheilen hat und demgemäß die immer kürzer werdende Cambiumzone mit relativ reichlicherer Nährstoffmenge zu Neubildungen versieht.

Der geschlossene Krebs (Taf. IV, Fig. 1) stellt bei vollkommener Ausbildung annähernd eine kugelige, bisweilen den Zweigdurchmesser um das Drei- bis Vierfache übersteigende, knotige, meist vollkommen berindete Holzwucherung dar, welche an ihrem Gipfel abgeflacht und im Centrum der Gipfelfläche trichterförmig vertieft ist. Im Gegensatz zu dem offnen Krebs umfaßt diese Geschwulst einen viel geringeren Theil der sie tragenden Achse, ersetzt aber die geringere Breitenausdehnung durch bedeutend größere, radiale Erhebung, also größere Höhe.

An denselben Zweigen und Aesten, an denen Krebsgeschwülste auftreten, läßt sich häufig auch Brand constatiren. Bei allen 3 Arten von Verletzungen trifft man im Winter nicht selten in den abgestorbenen, zerklüfteten Wundrändern die leuchtend rothen bis braunen, stumpf-kegelförmigen oder auch ovalen Kapseln der Nectria coccinea oder ditissima.[1])

Macht man einen Querschnitt durch die Geschwulst des geschlossenen Krebses, so zeigt sich ungefähr folgendes Bild. Wir sehen (Fig. 2, Taf. IV) die ganze große Anschwellung radial in zwei Gruppen zerklüftet durch einen Spalt (sp) mit wulstigen Rändern, der die innere Fortsetzung der äußerlich erkennbaren, trichterförmigen Vertiefung am abgeflachten Gipfel der Krebsgeschwulst bildet (Fig. 1t). Am Grunde des Spaltes liegt meist eine braune, mehlartige oder kittartige Masse, die sich als aus humifizirten Zellenresten bestehend erweist. Die Ränder (r) des Spaltes sind ebenfalls stark gebräunt; sie werden gebildet durch braunwandige, mit todtem, braunen Inhalt versehene, parenchymatisch gestaltete, derbwandige, poröse Zellen. Je weiter man von diesen im Absterben begriffenen Spalträndern rückwärts nach dem gesunden Theile des Stammumfanges hin fortschreitet, desto mehr verliert sich die braune Färbung. Das Gewebe wird weiß; es ist gebildet aus Holzparenchym, das außerordentlich viel Stärke besitzt. Allmählich treten Gruppen stark lichtbrechender Zellen in diesen Holzparenchymmassen auf; es sind bereits deutlich langgestreckte, dickwandige Holzzellen, die bisweilen vereinzelt oder in kleinen Gruppen, anscheinend unregelmäßig ver-

---

[1]) Die Kapseln des Pilzes stehen zwar in weniger dichten und aus weniger Individuen zusammengesetzten Gruppen, als bei den in Rabenhorst Fungi europaei Nr. 924 und 1630 ausgegebenen Exemplaren und zeigen auch etwas größere Schläuche und Sporen, indeß dürfte hieraus ein Artunterschied nicht abzuleiten sein.

streut im parenchymatischen Gewebe erscheinen (Fig. 3 h), aber nach und nach, bei zunehmender Menge der Gruppen dickwandiger Elemente als in einzelne Linien geordnet sich erweisen. Mit dem Auftreten der ersten Holzzellen parallel geht das Erscheinen der Hartbastzellen hb in der Rinde. Diese prosenchymatischen Elemente sind die ersten Anfänge normaler Jahresringbildung und laufen von dem Wundrande aus nach rückwärts immer näher zusammen, bis sie sich in einem normalen Jahresringe auf der gesunden Seite vereinigt haben. Wenn wir von der normalen Jahresringzone der gesunden Stammseite ausgehen, können wir diese Bildung so auffassen, als ob das prosenchymatische Gewebe eines gesunden Jahresringes (Fig. 2 nh) sich innerhalb der Krebsgeschwulst, die der Hauptmasse nach aus hier und da große Krystalle von oxalsaurem Kalk führendem, stärkereichem Holzparenchym besteht, in mehrere, fächerartig auseinandergehende Aeste spaltete (Fig. 2 h, Taf. IV).

Die Wundränder selbst findet man nicht vereinigt, den Spalt also trotz seiner Enge niemals ganz verwachsen, da die äußeren, den Spalt begrenzenden Zellen immer wieder absterben.

Im Verhältniß zu der ungemein üppigen Neubildung ist die Masse der absterbenden Zellen bei dem „geschlossenen Krebs“ eine sehr geringe; daher bildet hier die todte Stelle immer nur einen engen, gewundenen Spalt, während bei dem „offnen Krebs“ das ursprünglich getödtete Gewebe eine derartig breite Fläche bildet und das Absterben der Wundränder ein so weitgreifendes ist, daß nicht nur die gleich anfangs abgestorbene Holzfläche ungedeckt bleibt, sondern auch jeder Ueberwallungsrand durch den folgenden nicht mehr vollkommen gedeckt wird.

Die charakteristische Fächerung (Fig. 2 nh, h) der holzparenchymatischen Wucherränder ist bei dem offnen Krebs minder deutlich und kann in dem Falle ganz verschwinden, daß der ganze, gesund gebliebene Achsentheil in der Höhe der Krebswunde an der exorbitanten Verdickung theilnimmt, also eine einseitige Hypertrophie der Achse ausschließt. Diese Vorgänge der Fächerung eines Jahresringes oder einer Verdoppelung desselben kommen bei andern Ernährungsstörungen in ähnlicher Weise vor, wie Kny's[1]) Beobachtungen an Stämmen, die von Raupenfraß heimgesucht worden sind, beweisen. In Verbindung mit den spaltenförmigen Wunden sind sie aber, soviel mir bekannt geworden, nur dem Krebs eigenthümlich.

Einen Beweis für die Weichheit des Gewebes der Krebsgeschwulst giebt die Trockensubstanzbestimmung von normalem und krebskrankem Wundholz bei Kirsche. Das normale Holz zeigte 66,9 % Trockensubstanz, das darüber stehende Krebsholz nur 45,1 %.

Aus dem Umstande, daß die Krebsgeschwulst häufig die Dicke des sie tragenden 2—3jährigen Zweiges bedeutend übertrifft, ist zu schließen, daß die

[1]) Verhandl. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenburg 1879.

Geschwulst, die auf einem diesjährigen Triebe nie zu finden ist, also erst im folgenden Jahre ihren Anfang nimmt, sehr schnell wachsen muß. Bei dieser schnellen Entwicklung des Gewebes ist es nicht zu verwundern, daß der Charakter der Vegetationsbedingungen, unter denen ein solch wucherndes Krebsgewebe entsteht, zum sichtbaren Ausdruck gelangt, während bei dem langsamen Wachsthum der normalen Zweigseite die Entwicklung des Holzes eine relativ so langsame ist, daß nur große und lange andauernde Differenzen der Wachsthumsbedingungen in dem Charakter des Gewebes sich kenntlich machen können. Man findet daher innerhalb der üppigen Krebsgeschwulst in einiger Entfernung vom Rande der Wunde, wo überhaupt der durch die Trockenheit wechselnde Rindendruck wieder zur sichtbaren Wirkung gelangt, daß das parenchymatische Holzgewebe kürzere Trockenperioden anzeigt, indem es derbwandigere, engere, herbstholzartige Zellreihen anlegt, dann (wahrscheinlich nach Regenperioden) damit aufhört und Holzparenchym bildet, um später innerhalb desselben Sommers noch einmal oder zweimal mit der Bildung derbwandigerer Elemente anzufangen.

Verfolgt man auf Taf. IV, Fig. 2 vom Mark m ausgehend die dunklere Zonung, welche den derbwandigen Holzelementen entspricht (und in dem normalen Achsentheile das Herbstholz gegenüber dem reicheren Frühjahrsholz, innerhalb der Krebsgeschwulst aber überhaupt Prosenchym gegenüber dem Holzparenchym andeutet), so sieht man deutlich, wie die letztgebildeten, dunklen Ringe im gesunden Theile nach dem kranken hin fächerartig sich theilen. a bedeutet einen schräg angeschnittenen, abgestorbenen Ast.

Diese Ueppigkeit des Wachsthums, welche sich durch Bildung der gefächerten Krebsgeschwulst kund giebt, darf aber durchaus nicht zu dem Schlusse führen, daß das ganze Wachsthum des Baumes stets ein üppiges sei; man findet im Gegentheil bei mageren, schmachtenden Bäumen an gewissen Oertlichkeiten ein regelmäßiges Auftreten von Krebsknoten.

Die krebsigen und auch brandigen Bäume zeigen meistens eine sehr üppige Flechtenvegetation. An der centralen Haftstelle eines solchen Flechtenpolsters läßt sich oft constatiren, daß die Korklagen des Zweiges schief aufgeblättert sind und die Thallusstränge sich dazwischen geschoben haben. Ja, es sind Fälle beobachtet worden, in denen der Flechtenthallus die ganze schützende Korklage eines Zweiges durchsetzte und auf den theilweis noch Chlorophyll führenden, collenchymatischen Rindenzellen angelangt war. So schadlos also, als man im Allgemeinen die gelben und grauen Parmeliacolonien erklärt, dürften dieselben nicht sein. Wie sehr aber die Ausbreitung der Flechten von einer uns noch unbekannten Beschaffenheit des Baumes (wahrscheinlich einer größeren Weichheit, Lockerheit und Rissigkeit der Rinde) abhängt, beweist die Beobachtung an verschiedenen, älteren Stämmen von Fraxinus. Die etwa 1 bis $1^1/_2$ m hohe Unterlage erschien nur sparsam mit Flechtenpolstern bekleidet, während der aufgesetzte Edelstamm, der bisweilen schon eine 12—15jährige Krone trug, von

Flechtenvegetation dicht überzogen war. Krebsstellen an alten Eschen auf nassem Boden waren mit Flechtenpolstern vollständig überdeckt.

Jugendzustände.

Als jugendliche Zustände der Krebsgeschwülste und krebsartigen Brandstellen dürften verschiedene Formen anzusprechen sein. Bei Bäumen mit offnen Krebswunden findet man kleine, eingesunkene, dunkle, flache Rindenstellen unterhalb oder rings um ein Auge, wie sie bei Frostplatten ebenfalls auftreten.

Je größer die Wundfläche, desto schwächer ist die Auftreibung des Ueberwallungsrandes. Bei manchen Exemplaren umfassen die todten Rindenstellen den größten Theil des Zweigumfanges; in Folge dessen erscheint die über der kranken Rindenstelle liegende Zweigparthie abgestorben. Die Wundstelle behält ein glatteres Ansehen, da die Rinde zusammenhängend erhalten bleibt; nur die unmittelbar um das Auge herumliegende, am meisten erkrankte Stelle grenzt sich bei dem Vertrocknen durch annähernd concentrische Sprünge von der noch dehnbar gebliebenen Umgebung ab. Bei andern Zweigen, bei denen die erkrankte Stelle weniger als die Hälfte des Zweigumfanges umfaßte, zeigte der über der Krebsstelle befindliche Zweigtheil sich noch lebendig. Es trat dann die Anschwellung des überwallenden Gewebes schon viel bedeutender auf und zwar durchschnittlich etwas mehr oberhalb der Wunde als unterhalb derselben. In Folge dieser größeren Anschwellung ist aber die Rinde um die kranke Stelle herum auch mehr zerplatzt und z. Th. schon schuppig gelöst. Zwischen den Sprüngen, innerhalb der zusammengetrockneten, todten Rindenstelle, fanden sich braune, verkittete, leicht zerreibliche Massen von parenchymatischem Gefüge, die ehemaligen, chlorophyllführenden Rindenzellen, und dazwischen blicken schon hier und da weißliche, feine Längsadern durch die abgestorbene Masse; es sind dies die ausgelaugten Hartbaststränge.

Merkwürdigerweise **zeigen sich** die so dickwandigen und anscheinend so widerstandsfähigen **Hartbastbündel grade sehr empfindlich gegen Frost.**

Bei Versuchen mit künstlicher Kälte erwiesen sich die Frostwirkungen innerhalb der Rinde in den Hartbastzellen am weitesten in das gesunde Gewebe sowohl unterhalb als oberhalb der Wunde hinein fortgesetzt. Der lebendig gebliebene Rindentheil in der Umgebung der Hartbaststränge bildet dann Korkzellen zur Isolirung des todten Gewebes, und so findet man denn nicht selten bei Brand und Krebs stark entwickelte Korkgruppen in der Rinde als Umwallung todter Baststränge.

Eine andere Modifikation junger Frostwunden stellt einen einzigen kleinen Rindenspalt dar, der häufig aber nicht immer in der nächsten Nähe eines Auges auftritt oder auch durch Zerstörung der Knospe selbst während ihrer Vorbereitung zum Austreiben im Frühjahr entsteht. Die Figur 20 zeigt einen Birnenzweig, der bei a unterhalb eines kurzen Aestchens, eine tiefe, bereits überwallte Frost-

spalte besitzt; bei b, der Gegend des sog. Astringes mit seinen kurzen Internodien und vielen schwachen Augen ist die Rinde durch zahlreiche kleine Sprünge zerklüftet und schuppenförmig aufgetrocknet. Grade der jüngere, obere Theil c des Zweiges ist aber gesund geblieben. Bei solchen Rindenspalten finden sich die stärksten Ueberwallungsränder, die manchmal einen einzigen, geschlossenen, mit gleichmäßiger Rinde bekleideten Buckel, oft aber zwei einander berührende, lippenförmige, meist der Länge nach verlaufende, Auftreibungen darstellen, die faltig nach der häufig gewundenen Mittelspalte, dem ehemaligen Rindenrisse, abfallen. Aber nicht immer stellen die Rindenrisse Längsspalten dar, und demgemäß ist dann die Ueberwallung auch nicht in Form von 2 wulstig aufgeworfenen Lippen anzutreffen, sondern mehr als knollige, kugelige Erhebung mit kraterförmiger, centraler Vertiefung. An 9 mm dicken Zweigen finden sich bereits Krebsknoten von 13 mm Höhe und 35—45 mm Breite. Andere, ebenso dicke, zweijährige Zweige zeigen aber auch bisweilen nur sehr schwache, schwielige, mit neuer Rinde versehene, gleichmäßig geschlossene Auftreibungen, welche aus einem Spalt der alten Rinde hervorbrechen.



Fig. 20.

Die in Fig. 1 und 2, Taf. II dargestellten Zweige zeigen verschiedene Verletzungen an krebskranken Bäumen in natürlicher Größe. Bei 1 a findet sich eine ovale, eingesunkene Rindenstelle in der Nähe eines Auges. Der seit der Verletzung stattgehabte Zuwachs hat die Spannung an der todten Stelle so vermehrt, daß in der Mitte derselben sich ein Sprung in der aufgetrockneten Rinde eingestellt hat. Bei b sehen wir ein etwas fortgeschritteneres Stadium; die todte Rinde in der Mitte der Wunde wird bereits emporgehoben durch seitlich hervorgetretene und schon mit einander verschmolzene Ueberwallungsränder. Die in Fig. 2 c und c^1 gezeichneten Stellen weisen nun schon stark hervortretende Höcker mit gleichmäßiger, neuer Rindenbekleidung auf; r sind die trocknen, schorfartig etwas vorspringenden Ränder der primären Zweigrinde, welche durch den Frost auseinandergeborsten war. Hier sind die Stellen nicht in der unmittelbaren Nähe des Auges; c ist mitten im Internodium und c^1 auf der entgegengesetzten Seite eines Auges. Bei Fig. 1 d, Taf. II hat die Wunde das Gewebe rings um ein Auge erfaßt. Das Auge ist gestorben und die Umgebung eingesunken.

Die Wundfläche ist hier zu groß; die Rinde, r^1, unter welche Luft eingetreten, ist mit der gesunden Umgebung noch im Zusammenhang und die Neu-

produktion an der Grenze der todten Stelle hat eine Verbreiterung des Zweiges hervorgerufen, wie sie bei Brandwunden sehr häufig ist.

Ursache des Krebses.

Eine weitere Beschreibung der in den Krebsstellen sich vorfindenden Veränderungen der einzelnen Gewebeelemente kann unter Hinweis auf das folgende Capitel über die Einwirkung künstlicher Fröste hier fortgelassen werden. Es zeigte sich nämlich kein Unterschied in der Beschaffenheit der einzelnen Zellen und Gefäße bei den durch künstlichen Frost erzeugten und den hier beschriebenen natürlichen Wunden.

Auf diesen Befund der todten oder doch stark erkrankten Zellelemente lege ich aber keinen so wesentlichen Werth, weil auch bei andern Todesursachen das abgestorbene Gewebe ähnliche Veränderungen zeigt. Wohl aber messe ich der Uebereinstimmung in den Zerklüftungs- und Heilungsvorgängen zwischen den hier beschriebenen und den künstlichen Frostwunden eine Beweiskraft bei. In Folge dessen spreche ich die in der Abbildung vorgeführten Krebswunden als Frostschäden an.

Unerschütterlich ist der Beweis darum nicht, weil es mir bisher noch nicht gelungen, bei den in Folge künstlicher Frostwirkung erzeugten Wunden die beschriebenen, gezonten, üppigen Ueberwallungsränder hervorzurufen. Dieser Mangel liegt darin begründet, wie ich vermuthe, daß sich noch nicht das richtige Stadium der schnellsten Neubildung hat durch die künstliche Kälte überraschen lassen. Dieses Stadium ist, wie Parallelversuche mit zu verschiedenen Zeiten ausgeführten Schnittwunden darthun, bei jedem Individuum je nach Varietät und Standort ein zu verschiedenen Zeiten eintretendes. Aber einerseits haben meine Schnittversuche eine an demselben Individuum bemerkbare Zunahme in der Dicke der Ueberwallungsränder ergeben, wenn die Schnitte in der Zeit reichster Bildung von plastischem Material ausgeführt wurden; andrerseits haben die von Göthe ausgeführten, beim Weinkrebs erwähnten Versuche durch Schlagen der Rinde zur thatsächlichen Erzeugung der bei dem Weinkrebs ebenfalls enormen Holzwucherungen geführt.

Es ist mithin der erste Punkt, nämlich die Nachahmung von den an Krebsbäumen vorkommenden, natürlichen Wunden vermittelst künstlicher Fröste durch meine Versuche als gelöst zu betrachten; der zweite Punkt, nämlich der Wundschluß durch wuchernde Ueberwallungsränder, dürfte in nicht zu ferner Zeit ebenfalls günstig erledigt werden.

Ich halte deßhalb unbedingt an der Auffassung fest, daß die hier als Frosterscheinungen dargestellten Fälle durch Frost erzeugt werden können und meistens auch durch Frost erzeugt werden.

Daß einzelne dieser Frosterscheinungen, wie namentlich der Brand, in ihrem äußeren Aussehen mit den durch andere Ursachen hervorgerufenen Störungen

übereinstimmen und daß unter Umständen auch Pilze die Veranlassung für ein stellenweises Absterben des Rinden- und Holzkörpers geben können, sei nicht geleugnet.

In den von mir beobachteten Fällen von Pilzbrand aber finde ich den Wundbau abweichend von Frostwunden. Die Beobachter, welche Krebs auf den Einfluß parasitärer Pilze zurückführen, erwähnen entweder die Veränderungen des Holzkörpers nur vorübergehend, oder bleiben doch die Antwort schuldig, auf welche Weise vom Pilze die Holzwucherungen hervorgerufen und später wieder von demselben Pilze zerstört werden sollen. Sie bestätigen nur, daß bei Aussaat von Nectria auf Rinde dieselbe zum Absterben gebracht werden kann. Nectria kommt auf Brandstellen ebenso reichlich mindestens als auf Krebsstellen vor, und bei manchen Krebsknoten habe ich überhaupt keine beobachten können, wenn auch selbstverständlich Mycel in den todten Rindenparthien fast immer zu finden ist.

Außerdem geben jene Beobachter aber auch die Existenz eines Frostkrebses zu. [1])

Es kommen auch enorme Holzanschwellungen vor in Folge der Einwirkung von Pilzen; aber da ist der Bau des hypertrophirten Holzkörpers ein anderer wie z. B. bei Gymnosporangium und Aecidium elatinum. Bei letzterem Pilze bleibt die Rinde nicht nur im ganzen Umfange unversehrt, sondern hypertrophirt selbst unter Bildung auffallend großer Zellen.

Es sind somit die parasitären Holzerkrankungen wohl zu unterscheiden von den Frostschäden, und ebenso ist die noch später aufgetauchte Meinung, daß die Froststörungen mit der Wundfäule identisch sind, nach meiner Ansicht nicht zutreffend.

Hartig [2]) definirt sehr richtig die Pilzkrankheit als eine alljährlich weiter um sich greifende, während der Frostkrebs eben nur in Frostjahren an Größe zunimmt. Ferner, sagt er, tödtet der Spätfrost von der bloßgelegten Stelle aus auch den Holzkörper bis zur Markröhre, während beim Pilzkrebs der bloßgelegte Holzkörper meist nur äußerlich gebräunt wird. Was Hartig aber abbildet, ist Brand und nicht Krebs; es fehlen die wulstigen Ueberwallungsränder der Wunde; dagegen ist die bei Brandschäden fast immer bemerkbare, seitliche Verbreiterung des Stammes, hervorgebracht durch Verstärkung des Holzzuwachses an den die Wunde seitlich begrenzenden Theilen des Jahresringes bemerkbar. Diese seitlichen Parthien haben das plastische Material, das normalerweise über die Wundfläche abwärts sich hätte bewegen müssen, allein auf-

---

[1]) Hartig, R.: Die krebsartigen Krankheiten der Rothbuche, Zeitschr. f. Forst- und Jagdwesen. IX. S, 377 ff.

R. Göthe: Mittheilungen über den Krebs der Apfelbäume. Berlin u. Leipzig, Voigt 1877.

[2]) Lehrbuch der Baumkrankheiten. Berlin, Springer 1882, S. 186.

zunehmen und in Folge dessen eine reichere Ernährung. Dadurch wird der Querschnitt der Brandstelle noch deutlicher einseitig abgeflacht erscheinen.

In dem Mangel einer präcisen Definition des Krebses ist die einzige Ursache der geringen Uebereinstimmung zu suchen, welche über die die Krankheit veranlassenden Umstände herrscht.

Die genannten Beobachter und neuerdings Plowright[1]) bilden als „Krebs" diejenigen Erscheinungen mit ab, welche ich als „Brand" abtrenne.

Wenn man aber überhaupt diese Namen verwenden will, sobald man zwei getrennte Krankheitsformen bezeichnen muß (und dies ist von den ältesten Autoren an bis jetzt üblich gewesen) dann kann man nicht anders, als diejenige Gruppe von den durch gleiche Ursachen veranlaßten Erscheinungen abzutrennen, die sich bei bisweilen anfänglich gleicher Wundform durch die charakteristische Art der Ueberwallung als diejenige Krankheitsform darstellt, bei welcher außer der schädigenden Ursache noch ein zweiter Faktor, nämlich die an und für sich auch schon wieder krankhafte Wucherung der Ueberwallungsränder, in's Spiel kommt. Dies ist bei den von mir als Krebs zusammengefaßten Krankheitserscheinungen der Fall und fehlt bei den von mir als typische Brandschäden bezeichneten Verletzungen, während andere Autoren den offnen Krebs zu den Brandbeschädigungen ziehen.[2])

---

[1]) Canker in Apple Trees. Gard. Chronicle 1884 vom 19. April, S. 509.

[2]) Die Verwendung der Namen „Brand" und „Krebs" zur Bezeichnung verschiedener Krankheitserscheinungen finden wir schon bei Theophrast,*) der „Brand" (Sphakelismos), das Schwarzwerden und Absterben der Wurzeln, und „Krebs" (Krados) das Schwarzwerden der Zweige (beim Feigenbaum) nennt. Auch hier folgt schon die Beobachtung, daß der wilde Feigenbaum weder Brand, noch Krebs bekommt. Plinius,**) der seine Angaben über Pflanzenkrankheiten fast ausschließlich von Theophrast entlehnt, spricht zwar nur von Wurzelschmerz und Gliederschmerz; unterscheidet aber als Carbunculatio ein Absterben durch ungünstige Frühjahrswitterung. Anderthalb Jahrtausende später finden wir noch keine andere Anschauung, ja berühmte Bücher über Landbau bringen weniger als Theophrast. Colerus***) spricht von einer „Schwulst der Betwne" und meint damit Rindenauftreibungen, unter denen eine jauchige Flüssigkeit sich entwickelt. Rindenauftreibungen, unter denen der Holzkörper ebenfalls wuchert, führt auch Theophrast beim Oelbaum unter dem Namen „Schwamm" oder „Nagel" (Lopas-Loxas) an. Von diesen Nägeln sagt Sprengel, daß sie in Italien häufig bei den Oliven auftreten und in runden, warzigen, in der Mitte vertieften, berindeten Holzauswüchsen bestehen. Diese Beschreibung würde unserm „geschlossenen Krebs" entsprechen.

---

*) Naturgeschichte der Gewächse. Uebersetzt und erläutert von Sprengel, Altona, 1822. I. S. 178 ff.

**) Plinii Secundi naturalis Historiae libri XXXVII edit. Janus. Buch 17, Cap. 37, 5 u. 4.

***) M. Johannis Coleri Oeconomia u. Haussbuch etc. Ander Theil. Wittenberg, 1600, Buch V., Cap. 12.

Ich halte diese Auffassung nicht für glücklich, da wir dann zu einer festen Unterscheidung von Brand und Krebs überhaupt nicht kommen. Es ist gar nicht in Abrede zu stellen, daß die so mannigfach combinirten Wund- und

Der berühmte Peter de Crescentijs *) bringt nur eine von späteren Autoren als Ursache des Brandes herangezogene Notiz, daß man die Bäume beim Verpflanzen wieder so nach den Himmelsgegenden orientiren möchte, wie sie früher gestanden haben. Peter Laurenberg**) erwähnt den Brand (sphacelus) als ein heimliches Uebel, das unter schädlichen Witterungseinflüssen und auch durch die Gestirne (Orion, Pleiaden, Arctur) hervorgerufen wird.

Ein Beobachter, der nicht mehr das Frühere abgeschrieben, ist Heß,***) der in Folge der Frühjahrsfröste den Brand an der Mittagsseite bei den Bäumen beobachtet hat. Wenn die frühere Mittagsseite des Baumes durch das Verpflanzen nach einer andern Gegend kommt, „alsdann muß ohnfehlbar ein Schade daraus entstehen, sintemal die Nordseite des Mittages Sonne gar nicht gewohnet und wird sie nicht allein von der großen Hitze gedürret, sondern auch im Frühling durch die harte Nachtfröste erschrecket und die Rinde in die Höhe gezogen, hernachmals durch die Sonne den Tag über ausgetrucknet und verbrennet, woraus alsdann der Brand entstehet; wie er denn gemeiniglich an der Seite, so gegen Mittag stehet, gemerket wird.“ H. giebt auch später an, daß er durch Schutz an der Mittagsseite die Bäume gesund erhalten hat. Er unterscheidet auch vom Brand den Krebs: „diese Krankheit kann man daran erkennen, daß die Rinde hin und wieder Bücklein auffwürfet.“ In einer Anmerkung des Theodorus Phytologus wird dann gesagt: „So entspringet auch der Krebs offt von eben demselben auffwallenden Safte, aus welchem der Brand entstehet und haben diese zwey Krankheiten offt einerley Ursache.“

Um dieselbe Zeit bezeichnet de la Quintinye†) den Krebs als „une manière de galle ou de pourriture seiche,“ welche sich häufig in der Rinde und im Holze bildet.

Wir sehen, wie immer deutlicher der Name „Krebs“ zur Bezeichnung von Holzgeschwülsten in den Vordergrund tritt. Spätere Gartenschriftsteller acceptiren diese Auffassung.††) Die Krankheit „Krebs, Baumkrebs, Kanker, Fresser,“ bei welcher die Rinde Buckel bekommt und aufspringt, führt Riedel†††) auf Saftüberfülle zurück und empfiehlt ein Anbohren des Stammes und Spalten der Wurzeln ꝛc. Direct auf Frost führt Philipp Miller*†) Krankheitserscheinungen, die er mit dem Namen Brand bezeichnet, zurück. Im Wesentlichen sind die Miller'schen Urtheile eine Wiedergabe der Hales'schen Ansichten, der unter Brand (blast) nicht nur Frost, sondern auch Sonnen-

*) Der „New Feldt vnnd Ackerbaw von Petrum de Crescentijs beschrieben.“ Deutsche Ausgabe, Frankfurt a./M. 1583, S. 352.

**) Petri Laurembergii Rostochiensis Horticultura. Francofurti 1631. Cap. XXXV.

***) Heinrich Heßens Neue Gartenlust ꝛc., vermehret und mit dreyen nützlichen Registern versehen durch Theodorum Phytologum 1690, Cap. 8.

†) Le parfait jardinier etc. Par feu Mr. de la Quintinye. Paris 1695, t. I, p. 31.

††) R. P. Christophori Fischeri soc. j. Fleißiges Herrenauge ꝛc., Nürnberg 1719. 5. Abth., I., S. 168—170.

†††) Riedel: Kurz abgefaßtes Gartenlexicon ꝛc. Nordhausen 1751, S. 420.

*†) Das Englische Gartenbuch oder Philipp Miller's Gärtner-Lexicon ꝛc. Nach der 5. Ausgabe in's Deutsche übersetzt von Huth. Nürnberg 1750, S. 136.

Ueberwallungserscheinungen die Entscheidung in manchen Fällen schwierig erscheinen lassen, zu welcher Kategorie die Wundstelle zu zählen ist. Man kann

---

brand u. dgl. versteht. Wichtig wird Hales*) durch die Erwähnung der Uebertragbarkeit des Krebses durch Veredlung und der bisweiligen Heilung desselben durch Ausschneiden.

Du Hamel,**) der die Frostschäden sehr eingehend bespricht, erwähnt, daß die Bäume manchmal von Geschwülsten heimgesucht werden; diese sind um so leichter zu heilen, je jünger sie sind. Es löst sich an irgend einer Stelle des Stammes die Rinde vom Holze, und zwischen beide tritt eine fressende Eiterflüssigkeit; diese Art fressender Geschwüre nennt man Krebs; derselbe wird zu den durch Saftüberschuß erzeugten Krankheiten gezählt. — Das niedersächsische Gartenbuch***) sieht die Veranlassung zu Brand und Krebs in zu dichtem Stand der Bäume, nicht zusagendem Standort u. s. w.

In der zweiten Periode der Geschichte der Phytopathologie, in der sich die Erkenntniß von der Wichtigkeit der Pflanzenkrankheiten durch das Erscheinen ausführlicherer Krankheitssysteme und specieller Bücher über diese Disciplin dokumentirt, werden die schwankenden Begriffe über das, was Brand und was Krebs ist, durch Beschreibung der Erscheinungen zu festigen gesucht. Leider überträgt sich nun die Angabe von fressender, stinkender Flüssigkeit, die höchstens als seltene Begleitserscheinung aufgefaßt werden kann, wenn nicht ein Produkt der im Gefolge von Frostschäden leicht auftretenden Wundfäule damit gemeint ist, in die Charakteristik von Krebs und Brand. Mir ist wohl zur Zeit der Blutung ein Feuchtwerden von Brandwunden vorgekommen, aber sonst niemals ein Ausfließen jauchiger Säftemassen. Wohl aber können bei Quetschbeulen wirkliche Ansammlungen von Flüssigkeitsmengen stattfinden (Betula).

Diese Angabe über Abfließen verjauchter Säftemassen schleppt sich nun bis zum heutigen Tage bei einzelnen Autoren fort.

Von den mir nur in einem dürftigen Auszuge zugänglich gewesenen Krankheitssystemen behandelt das von Zwinger†) den Brand (gangrène) als eine allgemeine Krankheit. Adanson††) bezeichnet den Brand (La carie ou moisissure) und den Krebs (les chancres ou ulceres coulans) als Krankheiten aus innern Ursachen. Fabricius†††) führt eine Art von Brand (Forraadnelse) auf Säftestockung zurück. Der Krebs (Kraebs) wird als besondere Gruppe der Fäulnißkrankheiten behandelt. Speciell erwähnt finden sich Frostrisse (Raevning af Kulde) und Frostbrand (Koldfyr af Kulde). Als zwei verschiedene Genera von Cachexien stellt auch Zallinger*†) den Krebs (Cancer) und den kalten Brand (Gangraena s. Sphacelus) auf.

---

*) Statical Essais containing Vegetable staticks etc. by Steph. Hales II. edit. London 1731. I. 35 ff., 147, 369 II., 265.

**) La physique des arbres par Duhamel du Monceau. Paris 1758, S. 339.

***) Caspar Bechstedt: Vollständiges niedersächsisches Land- und Gartenbuch. Flensburg und Leipzig 1772, I., S. 151.

†) Jac. Zwingeri: Diss. med. inauguralis de valetudine plantarum etc. Basileae 1708.

††) Sur les maladies des plantes; in „Familles des plantes." t. I. p. 42—53, 1763.

†††) Forsög til en Afhandling om Planternes Sygdomme ved Christ. Fabricius; ind der kongelige Norske Videnskabers Selfkabs skrifter femte Deel. Kiöbenh. 1774.

*†) Abhandlung über die Krankheiten der Pflanzen 2c., übersetzt vom Grafen v. Arensperg. Augsburg 1779.

wohl von Uebergangs- und Zwischenstadien sprechen; solche bietet namentlich die Gruppe des „offnen Krebses". Allein dies irritirt die Definition der typischen Fälle nicht, und ich glaube daher, meine Erklärung zur allgemeinen Annahme empfehlen zu dürfen, daß typischer Brand hauptsächlich ein Ab-

Unter den speciell den Pflanzenkrankheiten gewidmeten Büchern beschreibt Plenk*) den Krebs als einen schwammigen, großen Auswuchs, von dem auch bei der dürrsten Witterung eine ätzende Flüssigkeit ausfließt, die den ganzen Umfang der Geschwulst anfrißt. Unter Brand versteht der Autor ein Schwarz- und Dürrwerden der Blätter und anderer Pflanzentheile. Die von uns in's Auge gefaßte Branderscheinung dürfte Plenk aber unter seinem verborgenen Krebs verstehen, bei welchem sich zwischen Rinde und Holz eine scharfe, krebsartige Jauche ansammeln soll. Im Gegensatz dazu zeigt sein offner Krebs wirkliche Krebsknoten an der äußern Oberfläche der Rinde.

Fast denselben Wortlaut zeigt eine Erklärung von Krebs in dem sonst viel eigne Beobachtungen enthaltenden Buche von Schreger.**) Die Definition des Brandes entspricht dagegen unserer Anschauung, wenn der Autor sagt, daß die Rinde schwarze und mürbe Flecke erhält, die immer mehr um sich greifen; auch der Holzkörper wird angegriffen und von ihm springt endlich die Rinde los. Bei den Entstehungsursachen wird die Einwirkung der Nachtfröste hervorgehoben, die dem Baume theils im Herbste, theils im Frühjahr schaden können, falls er noch oder schon wieder in Vegetation zur Zeit des Frosteintritts ist. Auch der Disposition zur Erkrankung wird besonders gedacht, indem erwähnt wird, daß ein Uebermaaß von fettem, öligtem Dünger leicht Brand und Krebs erzeuge.

Das dritte in demselben Jahre erschienene Werk von v. Ehrenfels***) spricht vom Brande als „eine Art Faulung, welche sich zuerst an der Rinde und dann im Holze selbst offenbaret". Hier schon finden wir betont, daß manche Schriftsteller diese Branderscheinung, welche alle Wald- und Gartenbäume heimsuchen kann, auch als Krebs bezeichnen. Dies sei unzuläßig und als Brand nur die Rindenkrankheit aufzufassen. Die Zeichen „dieses bösen Zufalls sind daher vor Allem eine schwarze oder schwärzlichte Rinde, welche oft schon im 6. oder 8. Tage nach dieser Erscheinung aufspringt, kleine Ritzen bildet und nach und nach ihren Zusammenhang mit dem Stamme des Baumes verliert." — Gleich seinem oben erwähnten Zeitgenossen betont Ehrenfels unter den verschiedenen Ursachen auch eine Disposition des Baumes zu Brandschäden, eine Disposition, die die Bäume von dem Boden, in dem sie aufleben, von ihrer Abstammung und von einer unklugen Kultur erhalten.

Mit Wiegmann†) scheint diejenige Periode der Krankheitslehre zu beginnen, in welcher das Mikroskop bei dem Studium zu Rathe gezogen worden ist. Leider ist dies jedoch bei der Beobachtung der beiden Krankheitsformen Brand und Krebs nicht geschehen. Immerhin ist es wichtig, daß wiederum ein wissenschaftlicher Arbeiter hervorzuheben sich bemüht, daß Brand und Krebs zwei ganz verschiedene Krankheitsformen sind.

*) Physiologie und Pathologie der Pflanzen. Wien 1795.

**) Erfahrungsmäßige Anweisung zur richtigen Kenntniß der Krankheiten der Wald- und Gartenbäume. Leipzig 1795.

***) Ritter v. Ehrenfels: Ueber die Krankheiten und Verletzungen der Frucht oder Gartenbäume. Breßlau, Hirschberg und Lissa 1795.

†) Die Krankheiten und krankhaften Mißbildungen der Gewächse von Dr. A. F. Wiegmann sen. Braunschweig 1839.

sterben von Rinde mit schmalringigen, vorherrschend normal prosenchymatischen Ueberwallungsrändern, Krebs dagegen stets eine Holzverletzung mit wuchernden, vorzugsweise holzparenchymatischen Ueberwallungswülsten darstellt.

Bei dem Krebs sieht man an Stamm und Aesten hier und da kleine Buckeln (Geschwüre) entstehen, die bei dem offnen Krebs an Umfang zunehmen und aufspringen. Unter den Ursachen figuriren auch Frostschäden.

Der Brand erscheint in Form anfangs (im Herbst) feuchter, mit rußähnlichem Ueberzuge versehener Stellen der Rinde. Diese werden im folgenden Jahre trocken, runzlich und nach kurzer Zeit schwarz; die vorher stellenweise vertrocknete und auf dem Holze festliegende Rinde löst sich nun ab. Wiegmann untersuchte die Jauche des Brandes und Krebses und fand darin „Gallert"- und Humussäure, was auf Wundfäuleprodukte und auf Gummosis hinzudeuten scheint.

Christ*) kennt nur die Branderscheinungen mit Absterben und Losspringen der Rinde und nennt die Erscheinung dann Krebs, wenn das Uebel alljährlich weiter um sich frißt. Vielmals kommt auch der Brand vom Verfrieren her. Viele tausend Aepfel- und Birnbäume werden „durch den fetten und hitzigen Mistdünger in diese Krankheit gejagt."

Ebensowenig wie Christ kennt Burbach die Krebsgeschwülste**) und bezeichnet unsere Branderscheinungen als trocknen Baumkrebs, den er vom nassen oder eigentlichen Baumkrebs scharf scheidet. Gewöhnlich zeigen sich die schwarzen Flecke oberhalb eines Seitenastes oder unterhalb einer Astwunde. „Diese Krankheit ist eine Folge indirekter Schwäche und entsteht gemeiniglich an solchen Bäumen, welche vorher durch starkes Treiben und Düngen in ihrem Wachsthum beschleunigt worden sind. Uebermäßige Säftezuleitung zu den kranken Stellen läßt die Krankheit immer weiter um sich greifen. Schröpfen und Ausbrennen der Wunden hilft.

Geiger***) betrachtet als Zeichen des besonders bei Kernobst häufigen Brandes die schwarzen oder braunen Flecke an Stamm und Aesten. Als Ursachen der Krankheit giebt er an: Hagelschlag, Frostschäden, zu starke Düngung, Schneiden im ersten Safttrieb 2c. Speziell die Kälte des Bodens führt Lindley†) als Ursache des Krebses an. Er berichtet, daß in einer krebsigen Baumschule ein Herr Reid of Balcarras den Krebs einfach dadurch vertrieben habe, daß er die Wurzeln der Bäume nicht mehr habe so tief in den Boden eindringen lassen.

Meyen††), der nur beschreibt, was er gesehen, huldigt nur noch insofern der eingerissenen Methode der Eintheilung in trocknen und nassen Brand, als er die Namen beibehält. Sein trockner Brand umfaßt jedes Absterben des Holzkörpers, also Pilz- und Wundfäule aller Art. Unter feuchtem Brande (Sphacelus humidus, Putrificatio) versteht er die jauchige Fäulniß parenchymatisch weicher Theile. Er sagt auch, daß Holz verjauchen kann, daß dies aber einfach eine zufällige Begleitserscheinung ist, die sich einstellt, wenn Wasser zu nekrotischem Holze in reichlichem Maße gelangt.

Die Nekrosis einzelner Jahresringe im gesunden Holze (Kernschäle) pflegt man als Folge naßkalter Witterung anzusehen, so daß eine vollständige Erhärtung der Jahresringe

---

*) Pomologisches theoretisch-praktisches Handwörterbuch. Leipzig 1802.

**) Systematisches Handbuch der Obstbaumkrankheiten. Berlin 1818.

***) Geiger: Die Krankheiten und Feinde der Obstbäume. München 1825.

†) The Theory of Horticulture. London 1840.

††) Meyen: Pflanzenpathologie. Herausgegeben von Nees v. Esenbeck. Berlin 1841.

Astwurzelkrebs.

Als eine besondere Form des Krebses wird der „Astwurzelkrebs“ genannt, der bei Wald- und Obstbäumen eine häufige Erscheinung ist. Er besteht darin, daß Zweige und Aeste an ihrer Basis Frostwunden zeigen, welche in die Gruppe der offnen Krebse gehören und aus verschieden großen, schwarzen, todten Holzflächen mit üppigen, unregelmäßigen Ueberwallungsrändern bestehen. Grade der Astwinkel ist bei manchen Baumarten besonders heimgesucht und bei den sog. „Zwieseln“ oder Gabelungen, bei denen also der Unterschied zwischen Haupt- und Nebenachse verschwindet und 2 gleich starke Aeste von einem Punkte aus abgehen, zieht sich die entblößte und geschwärzte Holzstelle meist an beiden Aesten in die Höhe, und der Ueberwallungsrand wird demgemäß durch das Material beider Aeste gebildet. Abgesehen von den empfindlicheren, eingeführten Hölzern sind nach Nördlinger[1]) auch unsere einheimischen Waldbäume den Astwurzelschäden ausgesetzt, namentlich in der Jugend. So z. B. die Buche in schattigen Lagen und schlechten Böden, wobei sich übrigens sehr häufig auch die von den Astwurzeln entfernten Internodien mit Frostplatten bedecken; auch die jährigen Ausschläge der Eichen auf mageren Bodenarten leiden, und bei Eschen zeigt sich die Beschädigung in Einsenkungen mit strengem Thonboden. In solchen nassen Lagen sah ich die Ueberwallung außerordentlich üppig, aber durch außergewöhnlich dicke, rissige, mit Flechten überzogene Borke bis zur Unkenntlichkeit verdeckt.

Entgegengesetzt der von Hartig vertretenen Ansicht, daß der Astwurzelkrebs durch Frühlingsfröste bedingt sei, meint Nördlinger, daß die Spätfröste im Vorwinter die Ursache wären. Er stützt sich dabei auf die Untersuchung der Holzringe und auf den Umstand, daß der Astwurzelkrebs in Tausenden von Fällen hoch in der Krone und in schattigen, also den Frühjahrsfrösten weniger unterworfenen Lagen so häufig ist.

Die Erklärung der Erscheinung ergiebt sich ebenfalls aus den im Folgenden anzuführenden Versuchen mit künstlichen Frühjahrsfrösten. Wir sehen, daß jede Astanlage im frühesten Stadium als Auge sich dadurch auszeichnet, daß der Querschnitt mehr Holzparenchym enthält gegenüber den Prosenchymelementen (s. Maserbildungen) als der Internodialtheil. Auch die späteren Holzschichten werden durch den Durchbruch des Zweiges derart irritirt, daß von der Durchbruchsstelle aus zu beiden Seiten in den normalen Jahresring hinein eine

---

nicht stattfinden konnte. Wenn nach feuchtem Sommer ein heftiger Winter folgt, so ist es höchst wahrscheinlich, daß das junge Holz abstirbt.

Die neueren Schriften von Jäger, Oberdieck, Lucas u. A. dürften als bekannt hier nur insofern Erwähnung finden, als sie alle angeben, daß man unter Brand Rindenerkrankungen in erster Linie zu verstehen habe.

[1]) Die Septemberfröste 1877 und der Astwurzelschaden (Astwurzelkrebs) an Bäumen. Centralbl. f. das ges. Forstwesen. Wien 1878, Heft 10.

keilförmige Zone gefäßärmeren, parenchymreicheren Holzes sich hinzieht. Das parenchymatische Holz ist weicher und stärkereicher. Diesem Umstande ist auch zuzuschreiben, daß Borkenkäfer sich gern an Astwurzeln ansiedeln und daß Waldmäuse, wie Nördlinger angiebt, bei Pappelabsprüngen (Populus monilifera) häufig nur die Basis der Seitenzweige befressen. Der Frost, auch der Frühjahrsfrost, tödtet also am leichtesten die Zweigbasen.



Fig. 21.

Bei alten, schwachwüchsigen Stämmen vermindert sich die Ueppigkeit des Ueberwallungsrandes bedeutend, und sie kann in der Weise herabsinken, daß wir überhaupt nur schmalringige, langsam unter die todte Rinde sich hinschiebende Ueberwallungsränder des Brandes erhalten, mit dem der Astwurzelschaden als offner Krebs darin übereinstimmt, daß die erste Anlage kein Spalt, sondern eine einsinkende, auftrocknende, todte Rindenstelle ist. Daher der bei manchen Praktikern geläufige Ausdruck „Zwieselbrand".

Eine ächte Krebserscheinung mit wuchernden Holzrändern dagegen ist der Weinkrebs, dessen Auftreten in den verschiedensten Gegenden beobachtet worden ist.

Der Krebs (Grind) des Weinstocks.

An älterem Rebholze sieht man in der Nähe der Erde, ungefähr 10 bis 50 cm von der Bodenebene entfernt, einzelne kleine, kugelige oder große, tonnenförmige Holzauftreibungen von perlartig unregelmäßiger Oberfläche aus der der Länge nach faserig zerschlitzenden Rinde hervortreten. In vorstehender Figur 21 sehen wir zwischen den weißen Rindenstreifen die perlartigen Krebsgeschwülste. Bei kleinen isolirten Geschwülsten erkennt man deutlich, nach Göthe's Unter-

suchungen[1]), ihre Entstehung als Ueberwallungsgewebe von längsverlaufenden Holzspalten. Es erscheinen die Spalten an der Grenze eines Jahresringes, so daß daraus geschlossen werden muß, sie seien zur Zeit der beginnenden Bildung des neuen Jahresringes durch stellenweises Abtödten der Cambiumzone im Frühjahr entstanden. Betreffs der Entstehung der Wucherungen habe ich einige abweichende, eigene Beobachtungen bei der folgenden Krankheit, dem Spiräenkrebs, niedergelegt.

Die Beschädigung, welche das Cambium getödtet, hat auch den alten Holzkörper in einem größeren Kreisausschnitt tief gebräunt, also eine den beschriebenen Branderscheinungen analoge Störung hervorgerufen. Die von den gesunden Stellen her eingeleitete Ueberwallung, welche die Spalten manchmal bald schließt, zeichnet sich durch wuchernde Ueppigkeit des Holz- und Rindenkörpers aus. Die sich gegeneinander vorwölbenden Holzränder bestehen aus weichen, gefäßlosen Parenchymmassen ohne eigentliche Holzzellen, tragen also den charakteristischen Bau des Wundholzes. Wenn die Ueberwallungsränder sich zu einem zusammenhängenden Jahresringe wieder vereinigt haben, wächst derselbe in der Weise weiter, daß er sich auch wieder durch Markstrahlen fächert, und zwar bilden diese Markstrahlen in ihrer Richtung die Fortsetzung derjenigen des vorjährigen Holzes, welche durch das braune, getödtete Gewebe in ihrer Weiterentwicklung unterbrochen worden waren.

Nie zeigen sich die beschriebenen Störungen und Gewebewucherungen am diesjährigen Holze.

Das perlartige Hervortreten der Gewebebuckel, welche durch ihre große radiale Ausdehnung die alte Rinde sprengen, erklärt sich nach Göthe durch ein vollständiges „übereinander Hineinwachsen" der Ueberwallungswülste, die am üppigsten an denjenigen Rebstellen sich vorfinden, welche etwa 30 cm von der Bodenoberfläche entfernt liegen. Von da ab sieht man in der Regel sowohl nach oben als nach der Erde zu die Geschwülste an Zahl und Ausdehnung abnehmen und ganz dicht am Boden, sowie etwa bei 1 m Entfernung sind sie überhaupt selten zu finden.

Bei geringer Entwicklung der Krankheitserscheinung vegetiren die befallenen Schenkel noch mehrere Jahre und können auch noch Tragholz produziren. Bei stärkerer Entwicklung der Krebsgeschwülste stirbt das Holz oberhalb derselben ab.

Daß die Beschädigungen des Cambiumringes im Frühjahr stattfinden, hat Göthe durch folgenden Versuch bewiesen. Im April, bei Gelegenheit des Rebschnittes wurden 12 kräftige Tragreben je zwischen 2 Knoten mit einem stumpfen Eisen derartig geklopft, daß eine Verletzung der Cambiumschicht an-

---

[1]) Mittheilungen über den schwarzen Brenner und den Grind der Reben. Berlin und Leipzig, H. Voigt, 1878, S. 28 ff.

genommen werden konnte. Sodann wurden Glasröhren über die beschädigten Stellen geschoben und die Oeffnungen verstopft. Schon am 8. Juni konnten die ersten Spuren der Anschwellungen constatirt werden, während an den wirklich grindkranken Reben die Gewebewucherungen erst am 20. Juni erschienen. Bis zum Herbst hin fanden sich in den Glasröhren vollkommen normale Grinderscheinungen ein, die auch denselben anatomischen Bau, wie die natürlich gebildeten Wucherränder zeigten.

Als Ursachen dieser Störungen ist der Frost im Frühjahr anzusehen. Es sprechen dafür die meisten Literaturangaben, welche ein Auftreten des Weinkrebses nach Frühjahrsfrösten constatiren (s. v. Babo: Weinbau, S. 305. — Dornfeld: Weinbauschule, S. 129. — Köhler: Der Weinstock und der Wein, S. 205. — du Breuil: les Vignobles. t. Göthe). Ferner spricht für diese Annahme die Erfahrung, daß der Weinkrebs nur in den sog. Frostlagen auftritt. Göthe führt in dieser Beziehung ein Beispiel von einer Weinpflanzung an, die an einem kleinen Abhange beginnt, sich durch eine Mulde hinzieht und an einem gegenüberliegenden Abhange sich wieder emporzieht. An den beiden Abhängen standen die Reben gesund, während sie in der Mulde vom Krebs befallen erschienen. Bei einer weiteren Prüfung sah der Beobachter auch noch an 20 andern Rebstöcken, die in Bodentiefen standen, daß Erkrankung aufgetreten war.

Die Thatsache, daß der Weinkrebs in bestimmter Höhe an der Rebe erscheint, erklärt sich durch die verschieden großen Differenzeu zwischen Wärme-Maximum und Minimum, denen die Rebe in ihren verschiedenen Höhen zur Zeit der Frühjahrsfröste noch ausgesetzt ist.

Bodenentwässerung dürfte sich als das wirksamste Mittel erweisen. Günstige Resultate davon meldet bereits Köhler in seinem vorerwähnten Werke. Daneben wird man vorzugsweise auf die Anpflanzung härterer Sorten Bedacht zu nehmen haben und namentlich richtige Weinlagen (mäßig feuchte, lockere und warme Bodenlagen) zur Anpflanzung benutzen.

Ob der Grind auch ohne Frostwirkung, lediglich durch Stauung des plastischen Materials entstehen kann, wie Blankenhorn und Mühlhäuser in Folge eines zu kurzen Schnittes beobachtet haben wollen (s. Würzburger Weinbaucongreß) ist mir nicht unglaublich. Sicher ist, daß die in Form von Markstrahlwucherungen sich zeigenden Anfänge der Geschwülste im normal gewordenen Holzkörper eines Jahresringes auftreten können, der nur im Frühjahr eine stellenweise Abhebung vom vorjährigen Holze erfahren hat. Solche krebsartige Wucherungen mögen vielleicht ohne Frostbeschädigung sich ausbilden können, ebenso wie man bei üppigen Kernobstsorten krebsartig wuchernde Ueberwallungsränder findet, allein es fehlt in diesen Fällen die tiefgehende Bräunung des Holzkörpers.

Krebs an Spiraea.
(Hierzu Taf. V).

Eine bisher noch nicht beschriebene, mit dem Weinkrebs große Verwandtschaft zeigende Krankheitserscheinung existirt an den Stengelbasen von Spiraea opulifolia. Die Krankheit scheint nur in Gegenden mit sehr kalten Wintern häufiger vorzukommen; mein Beobachtungsmaterial stammte aus Ostpreußen.

Aelteres, mindestens zweijähriges Holz mit starken Jahresringen zeigt an der Basis außerordentlich zahlreiche, isolirte oder perlartig aneinander gereihte oder auch gehäufte, weiche, halbkugelige Holzanschwellungen (Fig. 1 k, kk), deren Größe von wenigen Millimetern bis zu 1,5 und 2 cm Durchmesser schwankt. Die Anschwellungen sind gebräunt, dunkler als die von ihnen durchbrochenen, flatternd sich ablösenden, äußeren Rindenlagen, manchmal zerklüftet oder in der Mitte trichterförmig vertieft und mit grob chagrinirter, rissiger Oberfläche. Eine Rindenlage ist nicht abhebbar, da die Substanz der Geschwulst bröckelig ist und in Stücken leicht ausbricht.

Bei dem Zerbröckeln einer größeren Geschwulst bemerkt man, daß dieselbe bis auf einen centralen, oft kegelartig vorspringenden, festeren Kern von blätterigem Bau erscheint, indem hellere, festere, glattere, gewellte Lamellen, Streifen oder ellipsoidische Massen mit dunkleren, weicheren, mürberen Geweben abwechseln. Der Bau erinnert an die Anordnung der inneren Petalen einer gefüllten Stockmalve. Bei dem Zerschneiden einer größeren Geschwulst oder, wie man mit aller Berechtigung sagen kann, eines Krebsknotens, sieht man, daß diese Lamellen fächerartig von einer mehr oder weniger breiten, festen Basis ausstrahlen; jedoch sind die Lamellen weder durch die ganze Breite eines Krebsknotens gehend, noch auch scharf von den zunderartig mürben, dunkleren Massen getrennt, sondern nur als blattartig flache oder auch kugelig knollige Inseln festeren Gewebes in der sie erzeugenden, mürben Grundmasse aufzufassen, mit der sie durch vielfache Uebergänge verbunden sind und die selbst als eine nach der Peripherie hin immer weicher werdende, wuchernde Fortsetzung des letzten Jahresringes anzusehen ist.

In Fig. 2, welche den Querschnitt des Krebsknotens k von Fig. 1 darstellt, bedeutet m den Markkörper, a den unverletzten Jahresring des ersten, b den gespaltenen des zweiten Jahres, c das zur Krebsgeschwulst k auswuchernde Holz des dritten Jahres; i sind die festeren Gewebeinseln und Streifen in der zunderartig mürben Grundsubstanz.

In den zur Beobachtung bisher gelangten Fällen erwies sich der Krebsknoten seiner Hauptmasse nach als die Produktion eines einzigen Jahres, und zwar als eine einseitige Holzwucherung über einer Stelle, welche schon im vorhergehenden Jahre eine keilförmig nach innen zugespitzte Zone von gelockertem, parenchymatischem Holzgewebe gebildet hatte. Insofern gehören allerdings zwei Jahre zur vollkommenen Herstellung des Krebsknotens. Verfolgt

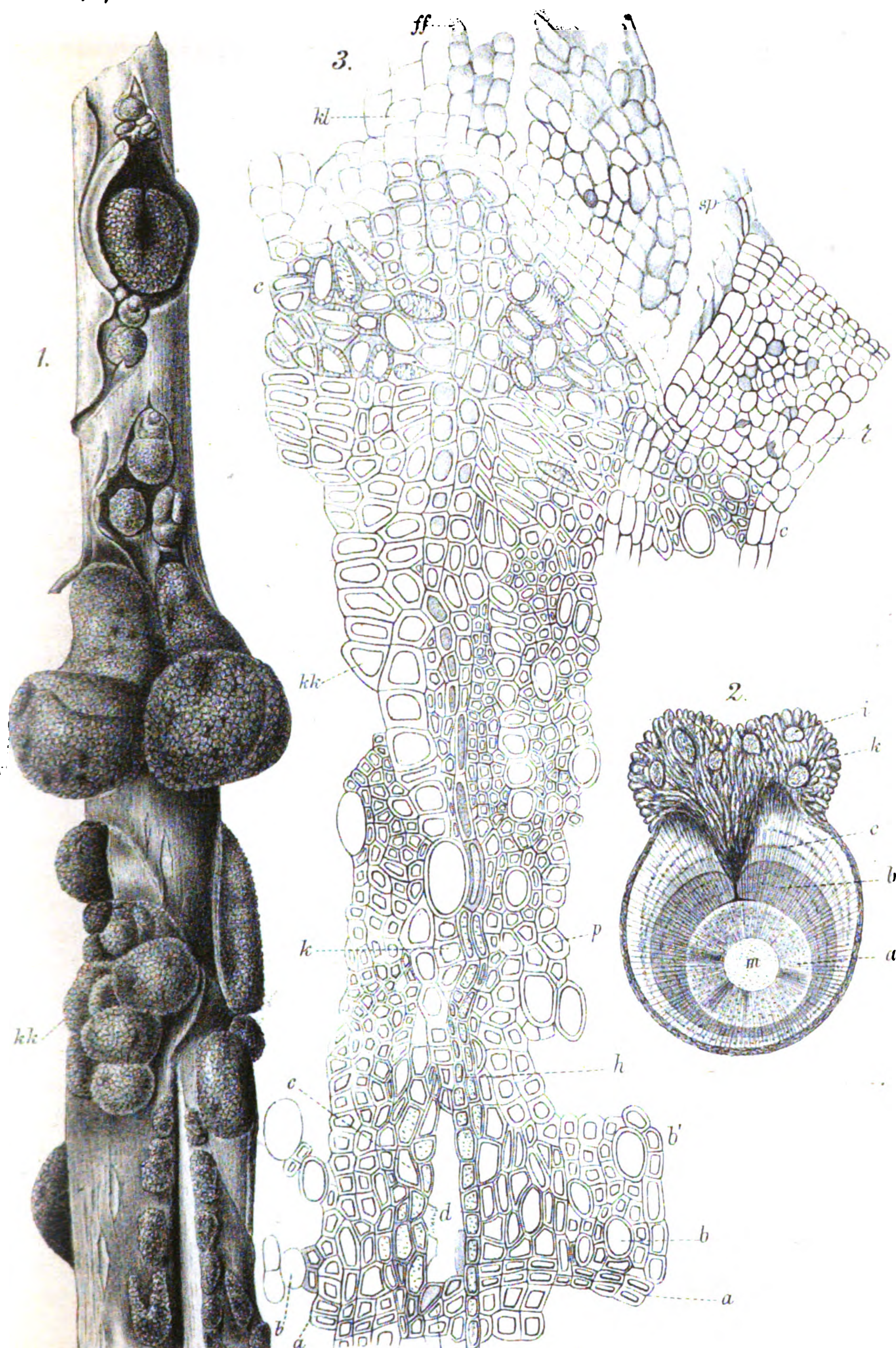
man die erwähnte, keilförmige Zone des Vorjahres rückwärts, bis auf den derselben vorhergehenden Jahresring, so sieht man, daß sie ihren Ursprung von einer gebräunten, schmalen Stelle im ersten Frühlingsholze nimmt.

Das beigegebene anatomische Bild, Fig. 3, wird die Darstellung erleichtern. Die ganze Fig. 3 ist der radiale Ausschnitt aus dem zweiten Jahresringe eines Spiräastengels und enthält die die eigentliche Krebsgeschwulst vorbereitende Gewebezone. Die Linie f bis ff stellt den Streifen veränderten Gewebes dar, welcher bei seiner Weiterentwicklung im folgenden Jahre zum vollkommenen Krebsknoten geworden wäre. Das Gewebe unterhalb a deutet das Herbstholz des ersten Jahresringes an. Im Holzkörper dieses ersten Jahresringes ist nie eine Störung beobachtet worden, gradeso wie bei dem Weinkrebs der erste Jahresring ebenfalls ganz normal gebaut ist. Das Holz des zweiten Jahresringes b fing ebenfalls mit normaler Entwicklung an und setzte sich in derselben Weise bis b¹ fort.

Zu dieser Zeit kam eine Störung, welche den Spalt d erzeugte und dessen Ränder bräunte. Die Entstehungszeit dieses Spaltes muß die der kräftigsten Neubildung gewesen sein; denn schon wenige Zellreihen später, bei h sehen wir den Spalt geschlossen und den Jahresring unter Bildung normaler Prosenchymelemente p weiter wachsen. Nur eine einzige Zellreihe k bildet einen radialen Streifen, aus kürzeren, weitlumigeren Holzzellen. Anstatt daß nun mit dem Aelterwerden des Jahresringes und dessen zunehmender Dicke sich der abnorme Holzstreifen verlieren sollte, nimmt derselbe an Breite zu, indem immer mehr Zellen an der veränderten Bauart theilnehmen kk. So schreitet die Störung bis zum Abschluß des zweiten Jahresringes fort und beginnt in verstärktem Maße in der Frühlingszone des dritten Jahresringes cc.

Schon bei Abschluß des zweiten Jahresringes bemerkt man den Streifen des Krebsanfanges als schwachen Hügel über die Peripherie des übrigen Holzringes hervorragen. Im Frühjahr des dritten Jahres ist die Neubildung an dieser Stelle eine so üppige, daß der schnell anwachsende, durch eine ebenso wuchernde Rindenparthie kl verstärkte Krebsknoten die normale Rinde r durchbricht (bei sp) und nun als gleichsam fremdes Gebilde weiter wächst, um nach wenigen Wochen als fertiger 1—2 cm hoher Krebsknoten sein Wachsthum zu beschließen.

Bei dem **Weinkrebs** zeigen sich ähnliche Bildungen. Nur habe ich bisher gefunden, daß die zu Anfang des zweiten Jahres sich einstellende Störung, der Lücke d entsprechend, in einer breiteren, tangentialen Abhebung von ringförmiger Gestalt besteht. Es macht den Eindruck, als ob bei Beginn der Vegetationsperiode die Rinde vom Holzkörper auf eine größere Strecke hin abgehoben worden sei. Versuche mit künstlichen Frösten zeigen, daß dieser Vorgang thatsächlich eintreten kann und sogar bei den verschiedenen Gehölzen ziemlich häufig anzutreffen ist. In Folge dieser Abhebung entsteht bei dem Wein



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



meist an Stelle der bei Spiraea schmalen radialen Spalte eine weitgehende tangentiale Abhebung. Die abgehobene Rinde bildet zunächst Holzparenchym, und dieser weiche Holzkörper geht ganz allmählich im Laufe des folgenden Sommers in normales Holz über. Hier sind es aber einzelne der breiten Markstrahlen über der abgehoben gewesenen Stelle, welche eine bevorzugte Entwicklung zeigen und am Ende des Jahres als weiche Gewebekappen vorspringen. Die Korkzone, welche über den Wein die Außenrinde abschneidet, macht über den wuchernden Markstrahlpolstern einen weiten Bogen, so daß, wenn später die Rinde abgestoßen wird, diese Polster stehen bleiben und sich im folgenden Jahre zu den großen Krebsknoten weiter entwickeln.

Bei Wein, wie bei Spiraea, müssen es also nicht nothwendigerweise Ueberwallungsränder sein, wie dies bei dem Apfelkrebs stets der Fall ist; bei Ersteren können vielmehr unverletzt erscheinende, allerdings durch eine frühere Störung veranlaßte, Gewebepolster eines parenchymatisch gewordenen Holzkörpers zu Krebsknoten sich ausbilden. Damit erklärt sich die von Blankenhorn über den Weinkrebs geäußerte Ansicht, daß Stauung von plastischem Material (z. B. nach zu starkem Schnitt) die Krebsgeschwulst veranlassen kann.

Die bisher gegebene Darstellung der Entstehung der Krebsgeschwulst ist indeß nicht der einzig stattfindende Weg der Bildung. Der Vorgang erleidet insofern eine Modifikation, als gar nicht selten die schon im ersten Jahre der Vorbereitung entstandenen Krebspolster durch den Frost theilweis getödtet werden; es leidet dann die centrale, weichste Parthie, die nun einen schwarzen, vertrockneten Kern darstellt. Es wachsen im folgenden Frühjahr dann nur die Randparthien nach Art der Ueberwallungsränder wuchernd weiter und umkleiden einen Spalt, wie er in Fig. 2 dargestellt ist. Es ist gesagt, daß die Randparthien des angehenden Krebsknotens „nach Art" der Ueberwallungsränder fortwachsen; wirkliche Ueberwallungsränder mit schneckenförmig übergebogenen Rändern sind nur selten zu finden (auch bei dem Weinkrebs).

Wie Fig. 2 zeigt, geht der Holzring des dritten Jahres unmerklich in die Krebsgeschwulst über. Thatsächlich ist also der Krebsknoten eine Holzbildung; aber dieses Holz ist bei der enormen Schnelligkeit der Gewebebildung ein so weiches, dem ebenfalls wuchernden und von außen her leicht absterbenden Rindengewebe so ähnliches Gebilde, daß es manchmal schwer fällt, die Grenze zu finden. Dieses lockere, mir in solcher Weichheit nirgend vorgekommene Holz bildet in der fertigen abgestorbenen Geschwulst die braune, zunderartige Grundmasse, von der anfangs die Rede war; die festeren, helleren Theile sind die an der Peripherie an Breite und Stärke zunehmenden Inseln von dickwandigen Holzzellen und Gefäßen. Fig. 2 i. Bei verschiedenen Krebsknoten von verschiedener Stärke finden sich die Gefäßgruppen i bald in Form keilförmiger, nach außen dickerwerdender Lamellen, bald (wie in Fig. 2) in Form kugeliger Gruppen mit

schalenförmiger Anordnung ihrer Elemente. Die Gruppen verschmelzen nicht selten mit einander und bedingen auf diese Weise eine größere Festigkeit; aber ein zusammenschließender Holzring ist nie beobachtet worden. Diese isolirten Prosenchym- und Gefäßgruppen sind es, welche bei dem Zerschneiden dem Messer einen so großen Widerstand entgegensetzen, daß sie früher sich aus dem Verbande mit dem übrigen Gewebe lösen, ehe sie durchschnitten sind. Daher das leichte Zerbröckeln des trocknen Krebsknotens.

Wenn wir nach der Ursache der Krebsgeschwülste fragen, so haben wir die ersten Anfänge, die Störungen im Vorbereitungsjahre in's Auge zu fassen. Dieselben sind in dem hier geschilderten Falle kleine Spalten im ersten Frühlingsholz gewesen. Bei Untersuchung kleinerer Krebsknoten erkennt man, daß solche Risse nicht immer da zu sein brauchen, sondern daß noch kleinere, nur gebräunte Stellen aus weitlumigeren Holzzellen schon die Veranlassung zu einem gelockerten, radialen Holzstreifen, also dem Krebsanfange, geben können. An solchen Stellen hat gar keine Abhebung, sondern nur eine Zerrung in der Cambialregion stattgefunden, und diese Zerrung hat in manchen Fällen schon genügt, eine dauernde Lockerung zu erzeugen. Daß in Folge dieser unbedeutenden Störung sich eine mit immer zunehmender Intensität hervortretende Zellvermehrung einleitet, ist der zweite, bei allen Krebsbildungen Erklärung fordernde Faktor, da dieselbe primäre Störung auch in andern Fällen ohne Hypertrophie des Holzkörpers heilen kann. Es muß also noch eine ganz bestimmt mitwirkende Ursache vorhanden sein, welche den Jahresring zu solchen Wucherungen veranlaßt.

Bei diesem Punkte bleibt vorläufig eine Lücke in der Erklärung der Krebserscheinungen; da es bis jetzt nicht gelungen, wirkliche Krebsknoten künstlich hervorzurufen. Wir wissen nur, daß an und für sich einzelne Sorten besonders geneigt sind, üppige Wundränder nach Verletzungen zu erzeugen und daß solche Wundränder je nach dem Zeitpunkt ihrer Entstehung verschieden stark ausfallen. Wie bei dem Weinkrebs erwähnt worden, ist es Göthe gelungen, durch Klopfen der Reben im Frühjahr ebensolche Wucherungen zu erzeugen, wie sie bei dem Weinkrebs auftreten. Wenn wiederholte Experimente, womöglich auch bei andern Holzpflanzen, die Angaben Göthe's bestätigen, dann wäre dieser zweite Punkt auch der Lösung nahe gebracht, und es handelt sich dann nur noch darum, diese Holzwucherung als Folgeerscheinung der ersten, die Zellzerrungen und Abhebungen hervorrufenden Ursache nachweisen.

Eine Ursache für die eben genannten Zerrungen und Abhebungen in der Cambialregion ist experimentell festgestellt. Es ist dies der Frost, wie die im folgenden Abschnitt eingehend besprochenen Versuche mit künstlicher Kälte beweisen, und zwar ein schnell vorübergehender Frost in der Zeit kräftigster Cambialthätigkeit.

Somit muß also nach dem augenblicklichen Stande unseres Wissens die Erklärung für den Spiräenkrebs, wie für die Krebsbildungen der übrigen Holz-

pflanzen folgendermaßen gefaßt werden. Zur Zeit der Frühjahrsthätigkeit des Baumes tritt eine kurzdauernde, das Cambium nur zerrende oder stellenweis leicht lüftende Frostwirkung ein, welche gleichsam als Reiz für die Umgebung der gestörten Stellen des Cambiums wirkt und bei dem reichlichen Vorrath des Baumes an mobilisirtem Reservematerial zu dieser Zeit entweder Veranlassung zu sofort luxurirender oder erst zu einer langsam sich steigernden, mächtigen Hypertrophie des Holzringes giebt. Daß einzelne Sorten und Lokalitäten besonders zu Krebs neigen, erklärt sich aus der bereits angeerbten oder aber individuell durch den Standort herangezogenen Empfänglichkeit für Frühjahrsfröste und der damit wohl häufig in Verbindung stehenden, schnellen Produktion von hypertrophischen Holzringen. Die relative Seltenheit des Spiräenkrebses z. B. erklärt sich aus der Frosthärte des Gehölzes, das nur in Gegenden leidet, in denen bisweilen relativ starke Kältegrade im Frühjahr noch eintreten. Es muß zum Schluß aber ganz besonders betont werden, daß die zur Erzeugung von Krebsgeschwülsten erforderliche Kälte eine absolut äußerst geringe, von ein bis wenigen Graden wahrscheinlich ist, und daß dieselbe nur dadurch gefährlich wird, daß sie die holzige Achse in einem sehr empfänglichen Stadium ihrer Entwicklung trifft, wobei mechanische Störungen, wie Zerrungen und Abhebungen in erster Linie stattfinden.

Daß solche mechanische Wirkungen wirklich in erster Linie bei Spätfrösten in den noch weichen Achsen auftreten, sieht man, wenn man in der freien Natur nach einer Maifrostnacht junge Triebe untersucht. Es finden sich dann vielfach innere Zerklüftungen mit nur unwesentlicher Braunfärbung oder gar Tödtung der Gewebe.

Einwirkung künstlicher Fröste.

(Hierzu Taf. VI).

Ich würde nicht mit solcher Bestimmtheit die im Vorhergehenden geschilderten Erkrankungserscheinungen auf Frostwirkung zurückführen, wenn ich mich nicht auf eine Anzahl experimentell herbeigeführter Beschädigungen durch künstliche Kälte stützen könnte. Da vorzugsweise die Frühjahrsfröste durch ihre ein langes Siechthum veranlassenden Störungen Beachtung verdienen, so wurden die Versuche nach der Zeit ausgeführt, nach welcher erfahrungsgemäß die letzte, häufigere Kältewelle sich in Mittel-Europa einzustellen pflegt, also nach dem 20. Mai.

Demgemäß wurden Versuche zu Ende Mai in der Art angestellt, daß man über einzelne Zweige eines Apfelbaumes enge Glascylinder stülpte und diese mit einer Kältemischung (1 Theil Eis mit 1,3 Theil krystall. Chlorcalcium) umgab. Nach verschieden langer Zeit wurde der Apparat von dem in seiner natürlichen Lage am Baume verbliebenen Zweige wieder abgehoben und entweder bald untersucht, oder auch noch mehrere Monate am Baum gelassen.

Wie empfindlich unsere Obstbäume in der Vegetationszeit sind, zeigt ein am 26. Mai 1876 unternommener Versuch, bei welchem früh gegen 6 Uhr der Zweig eines Apfelbaumes, der in seiner Entwicklung durch den Standort im Vegetationshause schon weit vorgeschritten, nur auf 22 Minuten einer Kälte von — 4 ⁰ C. ausgesetzt worden war. Das Laubwerk bedeckte sich schnell mit Reif. Nach Entfernung des Apparates traf den bereiften Zweig die Sonne, und schon nach etwa einer Stunde erschien das Laub schwarz und weich und ging zu Grunde, während ein anderer Zweig desselben Baumes, der nur 12 Minuten bei — 3,5 ⁰ C. gehalten wurde, äußere Beschädigungen nicht zeigte.

Dieser letztere, scheinbar ganz unversehrt gebliebene und an seiner Spitze auch weiter gewachsene Zweig wurde 1 Jahr später abgeschnitten und untersucht. Er zeigte sich in seiner Entwicklung etwas weniger kräftig, als die nächst höheren und nächst tieferen Zweige, und die aus den Augen hervorgegangenen Triebe hatten durchschnittlich ein Blatt weniger als die entsprechenden an den nicht frostkranken Zweigen.

Bemerkenswerther war die Erscheinung, daß nicht alle Augen des frostbeschädigten Zweiges austrieben, sondern hier und da zwischen austreibenden Augen sich zurückgebliebene zeigten. Nach natürlichen Frühjahrsfröften wird dieser Vorfall auch beobachtet; ob derselbe jedoch charakteristisch für Frostbeschädigungen ist, bleibt noch nachzuweisen, da er sich auch an anderen, meist schwächlichen Zweigen zeigt. Allerdings wiesen derartige untersuchte Zweige im Mark auch sprungartig verlaufende, schmale, braune Streifen auf, wie die künstlich durch Frost beschädigten; diese Streifen gehen vom Auge aus in der Mitte der Markbrücke quer durch das Mark und verlaufen, allmählich schwächer werdend, nach oben und unten in dem Gewebe des Internodiums. Da spätere Versuche unbedingt darthun, daß einzelne Augen an einem Zweige frostempfindlicher sind, so ist recht gut denkbar, daß auch an gesunden Bäumen bei denjenigen Zweigen, die so ein lückenhaftes Austreiben zeigen, lokale Frostwirkungen auf einzelne empfindliche Augen die Ursache hiervon sind.

Einen genaueren Einblick erhält man selbstverständlich in die Wirkungsweise des Frostes bei solchen Zweigen, die in Folge des längeren Aufenthaltes im Kältecylinder an der Spitze abgestorben waren. Bei einem derartigen Zweige, dessen oberste 15 Augen erfroren waren, zeigten sich unterhalb der todten Augen sofort solche, welche kräftig getrieben hatten. Am 11. Juni waren bereits Triebe von 6—8 cm Länge mit 10 Blättern vorhanden. Man kommt deßhalb auf die Vermuthung, daß die Frostwirkung im Baume ganz plötzlich aufhört. Zerschneidet man jedoch die Achse in der Gegend der obersten, gesund treibenden Augen unmittelbar unter dem erfrorenen Zweigtheile, so sieht man einen braunen, scharf abgegrenzten Streifen tief in das gesunde Gewebe hineinspringen. An dem vorliegenden Zweige ging dieser braune Streifen drei Internodien weit, also an drei gesunden Augen vorbei in diagonaler

Richtung den Holzkörper des Zweiges an einer Seite von außen nach innen durchlaufend.

Die scharfe Umgrenzung, welche der braune Streifen zeigte, und sein diagonaler Verlauf erklärt sich bei der mikroskopischen Betrachtung, welche nachwies, daß wir es mit dem Hauptgefäßbündel des untersten, todten Auges der erfrorenen Spitze zu thun hatten. Es war also hier der Fall eingetreten, daß der Tod des Auges allmählich auch das Absterben des im gesunden und gesund bleibenden Gewebe verlaufenden Zuleitungsstranges (Gefäßbündels) nach sich zog.

Um zu erfahren, welches wohl die allererste Frostwirkung auf das Gewebe des Baumes sein möge, welche Beschädigung also bei dem Auftreten ganz geringer Fröste sich einstellt, wurden eine ganze Anzahl Versuche mit der Einwirkung sehr geringer Kältegrade gemacht, ohne zum Ziele zu führen. Es zeigte sich entweder überhaupt kein Einfluß oder aber die oben gemeldeten Anfangsstadien gleichzeitig. Es wurde daher von dem völlig erfrorenen Gewebe aus mit dem Schneiden immer mehr abwärts in den gesunden Basaltheil des Zweiges hinab gegangen und beobachtet, welche Störung am weitesten von dem Frostheerde aus sich in das gesunde Gewebe hinein fortgepflanzt hat. Daraus kann man schließen, daß zu einer solchen Störung der schwächste Kältegrad, der überhaupt eine sichtbare Wirkung hervorruft, hinreicht, und daß, wenn dieser schwächste Grad überhaupt nur wirksam auf den Baum gedacht wird, die dadurch veranlaßte Beschädigung derjenigen gleichen wird, welche bei starker Frostwirkung am weitesten in das gesunde Gewebe vordringt.

Als solche am weitesten in das gesunde Holz hinab verfolgbare Frostwirkung zeigte sich die Quellung der Intercellularsubstanz und Mittellamelle. (Taf. III, Fig. 4 i.)

Dieses streifenweise Aufquellen und Braunwerden der Intercellularsubstanz und Mittellamelle sah ich im Allgemeinen häufiger in der Richtung der Tangente als in der der Markstrahlen, namentlich oft in der Nähe des alten Herbstholzes, also in den ersten, gefäßreichen Lagen des Frühjahrsholzes. Aber man trifft diesen Zustand der Intercellularsubstanz selten allein; meist ist er schon verbunden mit einer leicht gelblichen Färbung und Quellung der secundären Membran der anliegenden Holzzellen. (Taf. III, Fig. 5 h.) Diese Veränderung wird in einzelnen Fällen derartig intensiv, daß das ganze Lumen der Zelle bis auf einen engen, spaltenförmigen Hohlraum ausgefüllt wird (hh).

Mit der Quellung wird die Lichtbrechung außerordentlich schwach; nur die äußerste Membran und die festere Innenauskleidung behalten ihr starkes Lichtbrechungsvermögen. Die Quellung kann so stark werden, daß auch die äußerste Membran zerreißt (p), und dieses Zerreißen trifft in der Regel mehrere nebeneinander liegende Zellen, so daß die veränderte, secundäre Membran mit der gequollenen Intercellularsubstanz zu einem gleichmäßigen, gelben bis braunen

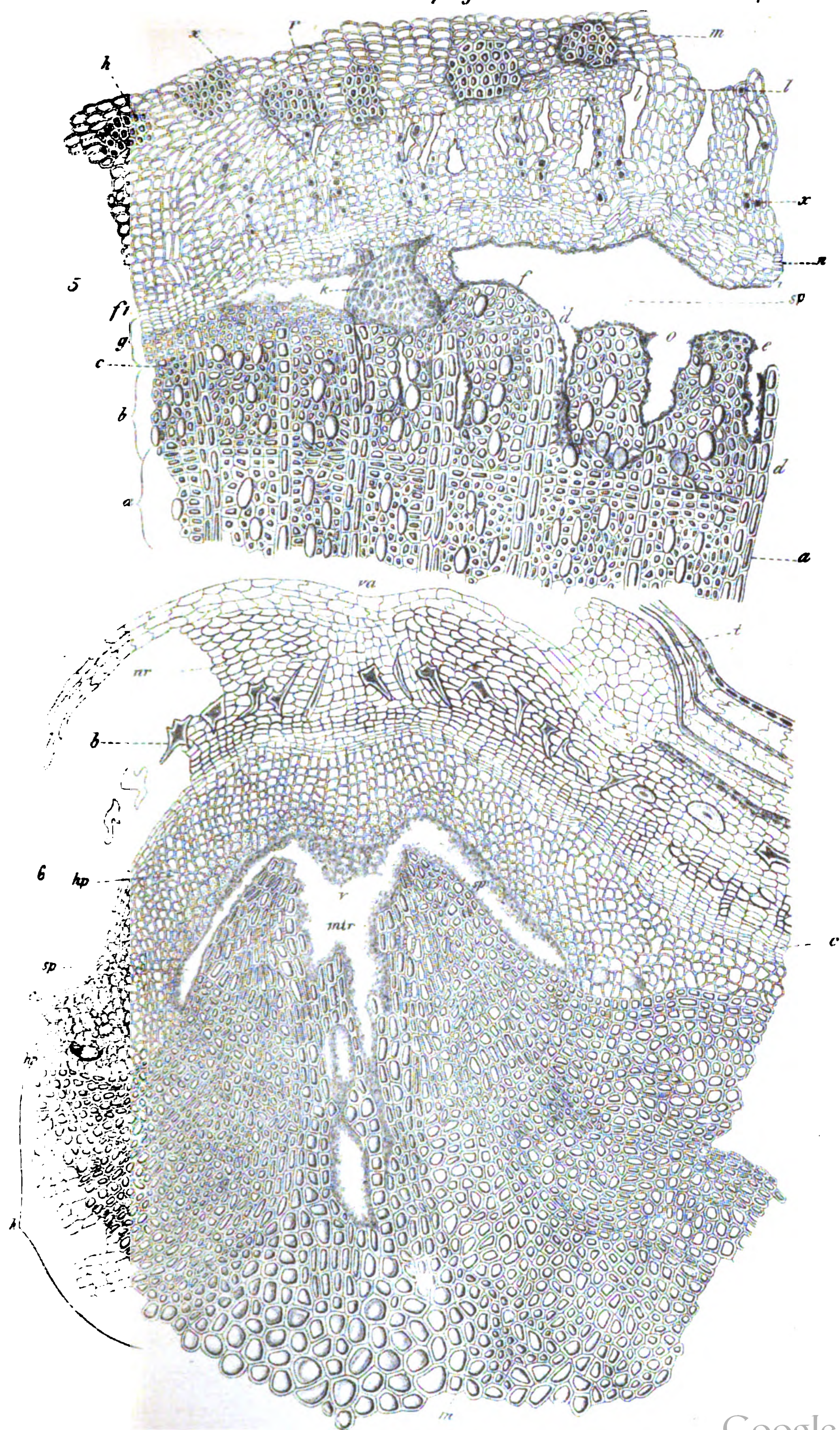
Streifen verschmilzt, in welchem parallel gelagerte Reste der primären Membran kenntlich bleiben. (Taf. III, Fig. 5 st.) Diese Störung stellt die sog. „Frostlinie“ dar.

An einen schädlichen Einfluß solcher Gewebestörungen auf das Gesammtleben des Baumes ist nicht zu glauben, sofern dieselben allein vorkommen würden. Aber auch in den Fällen, in welchen weder der Tod des Zweigtheils, noch eine äußerlich irgend wie bemerkbare Veränderung eintritt, sind doch die Froststörungen durchschnittlich viel energischer als man glaubt. Das Cambium leidet häufig mit. Es wird bei schwachem Frost zwar nicht zerstört, aber wahrscheinlich gezerrt.

Wenn man sich die Frostwirkung verbunden mit einer Zusammenziehung des ganzen Achsentheils vorstellt und dabei bedenkt, daß durch den Bau des Zweiges diese Zusammenziehung eine ungleichmäßige werden muß, indem dieselbe in der Richtung des Radius geringer als in der Richtung der Tangente ausfällt, so kann man dieses Plus in letzterer Richtung sich als einen allein wirkenden, tangentialen Zug, als eine Zerrung auf die Gewebe, namentlich die der Rinde vorstellen. Die zur Zeit des Frostes zartesten Gewebeformen werden am meisten und unter Umständen allein leiden.

Als Folge der Zerrung des Cambiums, dessen Zellen bei der unvollkommenen Elasticität der Membranen nach Aufhören der Frostwirkung nicht mehr auf ihr früheres Volumen zurückgehen können, betrachte ich das Auftreten weitlumigeren und dünnwandigeren Holzes. Das gesammte Rindengewebe hat von dem tangentialen Zuge zu leiden, wird also auch gedehnt, und seine Zellen gehen auch nicht mehr genau auf das frühere Volumen zurück, sondern bleiben etwas gestreckter. In Folge dessen kommt es häufiger vor, daß die Zellreihen in ihrer tangentialen Ebene nach Aufhören der Frostwirkung nicht mehr Platz haben und nun nach außen ausbiegen, indem sie sich an den Stellen des lockersten Verbandes von einander abheben. Auf diese Weise entstehen verschiedenartige Gewebelücken. Beobachtet ist z. B. bei Kirschen ein Abheben der primären Rindenlagen von den secundären und ein Ausstülpen der ersteren in Form von Runzeln über die Zweigoberfläche hinaus. In andern Fällen ließ sich eine fast den ganzen Zweigumfang umfassende schwache Auftreibung der Rinde finden, und derselben entsprach eine Bildung großer radialer bis tangentialer Lücken, in welche bisweilen jüngere Rindenzellen sich balkenartig hineinverlängert hatten.

Die häufigste Gewebeabhebung aber findet bei Frühjahrsfrösten in der Cambiumzone derart statt, daß an einem oder mehreren Punkten die Cambialzellen vom jüngsten Splinte sich ablösen: Cambiallücken. Hier scheint die Abhebung durch Zerreißen der Cambiumzellen immer vor sich zu gehen. Die Folge davon ist, daß nach Aufhören des Frostes die benachbarten Zellen des in energischer Thätigkeit vorhandenen Cambiumringes die Stelle der Abhebung



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



zu überwallen trachten, indem sie sich dachartig über die Wundstelle von beiden Seiten hinüberwölben. Ist die Abhebungsstelle sehr klein, so erfolgt, wie es scheint, der Schluß in wenigen Tagen; es bleibt eine nur wenige Zellen umfassende, gebräunte, dreieckige Stelle todten Gewebes oder eine dreieckige, braungerandete Lücke, die von Holzparenchym umgeben ist. Je größer die Abhebungsstelle in der Cambialzone, desto längere Streifen von Holzparenchym decken dann die Wundstellen; es sind dann sichelförmige, einen größeren oder geringeren Theil des Jahresringes einnehmende Zonen von Holzparenchym in das normale Prosenchym des Jahresringes eingekeilt. Dieselbe Erscheinung, nur mit dem Unterschiede, daß an der Grenze zwischen dem Holzparenchym und dem vorhergebildeten, normalen Holzringe keine braunwandige Trennungslinie vorhanden, stellt sich ein, wenn die obenerwähnte Zerrung der Cambiumzone im weiteren Umfange des Jahresringes erfolgt, ohne daß es bis zur Abhebung vom Splinte kommt. So erkläre ich mir die ringförmigen Holzparenchymzonen, die als „Frostringe" bezeichnet werden.

Es soll nicht ausgeschlossen werden, daß auch andere Ursachen, welche Rindenlockerungen hervorbringen, zur Entstehung solcher Ringzonen von Holzparenchym im gesunden, prosenchymatischen Holzkörper Veranlassung geben können. Sicher aber ist vorläufig nur durch die Versuche festgestellt, daß Fröste wirklich solche Veränderungen im Bau des Jahresringes einleiten.

Eine sehr tief eingreifende Lückenbildung in der cambialen Gewebezone ist in Taf. VI, Fig. 5 von der Kirsche dargestellt; hierbei entsteht durch die allmählich sich einleitende Heilung eine beulige Auftreibung am Zweige. Diese Frostwunde ist durch einseitiges Abheben der Rinde vom jungen Holze entstanden, a ist das alte Holz des Vorjahres, b das diesjährige, bis Juni gebildete Frühlingsholz. Um diese Zeit wurde der Zweig in den Kältecylinder gebracht, und bei der Untersuchung zeigte sich, daß die Rinde im weiten Bogen sp vom Splinte losgeplatzt war und daß auch das junge Holz b radial zerklüftet erschien. Die Zerklüftung erfolgt entlang den Markstrahlen, d, welche seltener selbst zerreißen, als vielmehr sich an einer Seite von den prosenchymatischen Zellen und Gefäßen loslösen und dann theilweise zusammentrocknen. Eine in der Zeichnung bei o dargestellte, radiale Erweiterung der Lücke erfolgt in einzelnen Fällen durch weitergreifendes Vertrocknen der prosenchymatischen, noch theilweis dünnwandigen Splintelemente. Doch bleiben im Allgemeinen die radialen Holzspalten schmal und es bräunen sich nur die Wandungen der auseinanderweichenden Elemente tief.

In der Nähe der durchbrechenden Augen, bei denen also eine Markbrücke den ganzen Holzkörper vom Mark bis zur Rinde durchzieht, ist das Gewebe weicher, die Zahl der schon dickwandigen Holzzellen geringer; es haben sich erst die den Markstrahlen zunächst liegenden Elemente zu Holzzellen mit stark lichtbrechender Wandung ausgebildet, während die weiter entfernt von zwei

Markstrahlen befindlichen Zellformen noch dünnwandiger und inhaltsreicher sind, auch zwischen sich noch keine weiten Gefäße erkennen lassen. In solchen, einem Auge nahe liegenden Splintschichten zeigt sich als Fortsetzung radialer Sprünge bisweilen auch eine tangentiale Gewebezerklüftung an der Grenze des vorjährigen und diesjährigen Holzes.

Den Zerklüftungen des Holzkörpers entsprechen radiale Lücken, l, im Gewebe der secundären Rinde, n, während die primäre, m, mit ihren Hartbastbündeln keinerlei Zerreißungen, sondern nur theilweise Bräunung des Inhalts und der Wandungen einzelner Hartbast- und Rindenparenchymzellen erkennen läßt. Auch hier entstehen die Lücken vielfach durch Auseinanderweichen der einzelnen Gewebecomplexe und weniger durch Zerreißen der Membranen der einzelnen Zellen. Es trennen sich nämlich die zartwandigen Zellengruppen, welche in der secundären Rinde dem Bastparenchym der Primärrinde entsprechen, von den in ihrer Entwicklung bereits weiter fortgeschrittenen und deßhalb dickwandigeren Rindenstrahlen, an deren Seiten die bastbegleitenden Reihen von Zellen mit oxalsaurem Kalk, x, in die Augen springen.

Die radialen Spalten und Klüfte sind aber nur nebensächliche Erscheinungen gegenüber der großen, tangentialen Spalte, sp, welche die Rinde vom Holze trennt. Die Trennungslinie verläuft unregelmäßig bald in den noch cambialen Schichten der Rinde, bald in denen des Splintes. Da man annehmen kann, daß an allen Stellen des Gewebes der Trennungslinie eine gleich große Kraft bei der Erzeugnng des Risses thätig war, so geht aus der Unregelmäßigkeit der Trennungslinie hervor, daß das Gewebe in demselben radialen Abstande vom Mittelpunkte des Zweiges nicht überall dieselbe Festigkeit besaß. Eine solche Unregelmäßigkeit ist durch den auf dem Splinte sitzen gebliebenen und später abgestorbenen Gewebelappen h neben dem Holzvorsprunge f angedeutet.

Mit Ausnahme derartiger Lappen findet sich in der Rißstelle wenig zusammengefallenes Gewebe; selbst die Zellen der jüngsten Rinde, n, sind z. Th. zwar tief gebräunt und inhaltsleer, aber nicht zusammengesunken, sondern in ihren Wandungen gegen Schwefelsäure viel widerstandsfähiger geworden.

Die Heilung solcher Wunden erfolgt in der Regel nicht durch seitliche Ueberwallung. Man sieht bei ähnlichen Stellen vielmehr zunächst eine Streckung des älteren Rindenparenchyms in radialer Richtung; später entstehen in der Rinde zwischen den Rindenstrahlen anfangs isolirte Meristemheerde, welche neue Holzelemente hervorgehen lassen. Das Neuholz drängte allmählich die in diesem Falle nicht veränderten Gewebeschichten, n, gegen den zerklüfteten Splint in der Richtung f, o, e und bildet aus den todten Geweberesten einen braunen Streifen, der um so schmäler wird, je mehr sich Holz über der Rißstelle anhäuft, also der Druck anwächst. Die isolirten Meristemzonen der in dem abgehobenen Rindenlappen entstehenden Holzbündel vereinigen sich später seitlich mit einander und schließlich auch mit der Cambiumzone f[1] an der unverletzt

gebliebenen Zweigseite. Die durch die Abhebung entstandene Beule bleibt für mehrere Jahre äußerlich kenntlich.

In anderer Weise tritt der Wundschluß bei solchen Frostbeschädigungen ein, die in Form offener, kleiner Risse oder Spalten auftreten, bei denen also die hauptsächlichste Zerklüftung eine radiale ist. Fig. 6 stellt das anatomische Bild einer solchen Wunde dar, die durch die Einwirkung künstlicher Kälte auf einen $1^1/_2$ Jahr alten Lärchenzweig erzeugt worden ist. Der Zweig ist an einem Augenkissen durchschnitten. Das Holz, h, welches sonst einen gleichmäßigen Ring um das Mark, m, bilden würde, erscheint durch die breite parenchymatische Markbrücke m, mbr, unterbrochen.

Dieses Gewebe ist durch den Frost getödtet worden und bei dem Zusammentrocknen zerrissen. Das in der Richtung mbr, va liegende Parenchym war zur Zeit der Frostwirkung, am 18. Mai 1876, noch nicht vorhanden, sondern der Spalt der Markbrücke setzte sich durch die Rinde nach außen fort. Letztere war in der damaligen Cambiumzone auch tangential zu beiden Seiten des Risses vom Splint abgeplatzt und bildete die Spalte sp. Aber nur die unmittelbar an den Wundrändern liegenden Zellen sind abgestorben und theilweis zusammengetrocknet. Die ursprünglich getrennt gewesenen beiden Rindenseiten über der Spalte sp bildeten sofort in der bei allen Ueberwallungsvorgängen sich einstellenden Weise durch Vorwölben der peripherischen, gesunden Zellen und Theilung derselben die Anfänge von Ueberwallungsrändern, die gegen einander hin sich immer weiter ausbildeten und in kurzer Zeit mit einander verschmolzen.

Die Verschmelzungsstelle der Ueberwallungsränder ist an der seichten Einbuchtung va kenntlich, namentlich aber auch an der Lage der Hartbastzellen b, welche gegen einander geneigt erscheinen. Das ganze Gewebe, welches die Spalte deckt, ist im Laufe von 8 Wochen (die Wunde wurde am 4. Juli 1876 untersucht) neu gebildet worden. Die alte Rinde, welche der Frostriß gespalten hatte, ist durch die lippenförmig hervorgewölbten Ueberwallungsränder zurückgedrückt worden und umgiebt jetzt die Neubildung als ein scharfer, trockener, Rand t. Der Ueberwallungsrand hat in dieser Zeit auch schon Holz gebildet; die ganze derbwandige Zone hp ist Neuholz. Dasselbe ist aber unter einem so geringen Rindendrucke entstanden, daß es parenchymatisch kurzzellig geworden ist. Erst später würde die Cambiumzone cc, die durch Verschmelzung der in beiden Hälften isolirt gewesenen Zonen entstanden ist, normale Holzelemente gebildet und immer festere Schichten über die Frostwunde gelagert haben.

Aehnlich der Beschädigung an der Lärche ist die an einem Apfelzweige durch Einwirkung einer Kälte von 3° während 25 Minuten im Monat Juli hervorgerufene Wunde, Fig. 3, Taf. IV. Es bedeutet a das alte Holz des Vorjahres, b das bis zum Juli gebildete Neuholz, c die Region, in welcher die Kälte das Gewebe getödtet hatte. In den sich über die Wundfläche wöl-

benden, sehr üppigen Ueberwallungsrändern hat die schneckenförmig sich krümmende Cambiumzone f eine dicke neue Rinde g und einen neuen, durch die Markstrahlen d sich fächernden Holzkörper e erzeugt. Aber diese Holzbildung aus prosenchymatischen Elementen beginnt erst ziemlich weit rückwärts im Ueberwallungsrande; der vorliegende, lippenförmige Theil dieses Randes besteht aus Holzparenchym, an dessen Peripherie sich allmählich einzelne prosenchymatische Zellgruppen r kenntlich machen. In demselben Radius, in welchem die ersten derbwandigen Holzzellen auftreten, erscheinen in der Rinde die Anfänge von Hartbastzellen hb.

Die Ueberwallungsränder treten als Buckel mit anfangs lippenförmiger Spalte über die Rinde hervor. Dasselbe Bild gewähren nun natürliche Anschwellungen, die bisweilen an Zweigen krebsiger Stämme angetroffen werden und die ich für die Anfangsstadien der geschlossenen Krebsgeschwülste bei Apfel-, Buchen-, Eschen- und Kirschenkrebs halte.

Im Anschluß an die bisher vorgeführten Zerklüftungserscheinungen des Rinden- und Holzkörpers, welche zur Aufklärung der Entstehung der Krebsanfänge dienen sollen, mögen jetzt Beobachtungen folgen, welche geeignet sind, die Brandbeschädigungen als Frostwirkungen darzuthun.

Es ist im Vorhergehenden erwähnt worden, daß die großen, nach strenger Kälte zu beobachtenden Brandflächen an den Bäumen alle Uebergänge zu den Frostplatten zeigen. Es handelt sich also vorzugsweise darum, nachzuweisen, daß man solche scharf abgegrenzte, todte Rindenstellen mitten im gesunden Gewebe auch durch künstlichen Frost erzeugen kann.

Am 16. Juni 1884 wurden 2 Birnenzweige[1]), deren Endknospe bereits zur Ruhe gelangt und deren Spitze nicht mehr krautartig war, in den Kältecylinder gebracht. Innerhalb 20 Minuten zeigte das Thermometer im Innern des Cylinders — 12° C. Die Zweige wurden nach dieser Zeit von der Kälteglocke befreiet und bis September am Baume belassen. Die sodann vorgenommene Untersuchung erwies, daß beide Zweige auf 6 resp. 10 Internodien von der Spitze aus abwärts abgestorben waren. Das Absterben war nicht ganz bis auf die Höhe eines gesunden Auges abwärts gegangen, sondern das letzte todte Internodium hatte noch ein Stück Gewebe an der Basis (bei einem Zweige von 13 mm Länge) lebendig behalten; es geht daraus hervor, daß bis zu dieser Höhe etwa ein Zweigtheil von dem darunterliegenden Blatte aufwärts ernährt werden kann. Auch hier zeigte sich an der scharfen Grenzlinie zwischen todtem und gesundem Gewebe, daß die Wirkung des Frostes allein scharf begrenzt bleibt und nicht, wie bei der Wundfäule, sich allmählich immer weiter fortpflanzt. Die Abgrenzung des gesunden von dem todten Gewebe war in folgender Weise bemerkbar. In der Rinde hatte sich eine

[1]) Tageblatt der Naturforscherversammlung zu Magdeburg 1884, S. 165.

vielschichtige Korklamelle zwischengeschoben; dieselbe lief in der Primärrinde quer an der Grenze zwischen gebräuntem und gesundem Parenchym, bog aber in der secundären, (nach der Glycerinreaktion) sehr zuckerreichen Rinde weit nach außen in den todten Zweigtheil vor, weil der gesunde Rindentheil hier ein Ueberwallungsgewebe neu gebildet hatte, das sich keilförmig zwischen Holz und Rinde der abgestorbenen Zweigparthie hineinschob. Im Mark war eine solche Korklamelle nicht wahrnehmbar, sondern es stieß das braune, stärkelose, mit braunen Gerbstoffkugeln (?) theilweis reichlich versehene Parenchym an das stärkereiche, gesunde Gewebe.

An die quer den Rindenkörper durchsetzende Korklamelle grenzt eine Korkumwallung, welche hülsenförmig in das gesunde Gewebe hinein die abgestorbenen Hartbaststränge umschließt. Im Querschnitt erscheinen diese Bastumhüllungen als dunklere Kränze tafelförmiger, radial geordneter Korkzellen, deren Reihenzahl bei den einzelnen Bündeln verschieden ist. An einem Zweige wurde innerhalb des grüngebliebenen Stumpfes an Stelle der Korkumwallung eine wirkliche, mit Meristemzone versehene Holzumwallung entdeckt, die in ihrem Bau identisch mit den Holzknollen (Knollenmasern) erscheint. Es hat also durch das Abfrieren der Zweigspitze der lebendig gebliebene Stumpf eine so reiche Ernährung von den dicht darunterliegenden Assimilationsheerden erfahren, daß sich in der Rinde neue Meristeme bilden konnten.

Im Freien fand ich bei brandkranken Rothbuchenzweigen ebensolche Knollenkörper in der Rinde, und an Zweigstumpfen bei übermäßig zurückgeschnittenen Birnen gleichfalls in dem über dem ersten Blatte stehen gebliebenen Internodium ähnliche Bildungen.

Man ersieht daraus, daß plastisches Material auf kurze Strecken auch aufwärts geleitet werden kann; allerdings wandern keine großen Mengen im Verhältniß zur Größe des Pflanzentheils aufwärts. Dies erkennt man daran, daß bei den dem Versuche unterworfenen Birnenzweigen der oberhalb des ersten gesunden Auges stehen gebliebene, noch gesunde Stumpf der heruntergefrorenen Zweigspitze seine Cambiumzone seit dem Eintritt der Kälte nicht weiter zur Bildung neuer Holzelemente gebracht hat. Der Holzkörper behält also in dem Stumpf die Dicke, die er zur Zeit des Frosteintritts gehabt hat, während das nächst tiefere Internodium, das noch ein lebendes Blatt sammt Achselsproß über sich hat, eine wesentliche Verdickung erfährt. Es ist aber diese neue Produktion des Cambiumringes nach der Frostwirkung eine andere, als die vor dem Frosteintritt; das neugebildete Holz ist gefäßärmer, etwas dünnwandiger, weitlumiger und stärkereicher. In Folge dessen erscheint es als eine trübere, scharf abgegrenzte Zone, die erst allmählich zu dem früheren Bau zurückkehrt und durchaus den Eindruck hervorruft, als beginne durch sie ein neuer Jahresring. Diese Bildung falscher Jahresringe nach der Frostwirkung finden wir auch bei den andern Gehölzen des Versuchs wieder.

Die eigentlichen Frostplatten gewahrte man an den Versuchszweigen mehrfach am gesunden Rindengewebe, aber in sehr geringer Ausdehnung, und zwar um eine Lenticelle herum, so daß man schließen muß, es finde auch in der freien Natur bei schnell vorübergehender Frostwirkung der erste Angriff gewiß vielfach durch den Weg der Lenticelle statt.

Die Frostplatten bestanden aus verfärbten, eingesunkenen Rindenstellen, deren primäre Rinde incl. der primären Hartbastbündel getödtet war. Der Holzkörper war an dieser Stelle ebenfalls angegriffen, und zwar an seiner zur Zeit der Frostwirkung im Splintzustande befindlich gewesenen, äußeren Zone, deren Gefäße verstopft und z. Th. braunwandig erschienen. Zur Zeit des Kälteeintritts ging also die Störung bei der Frostplatte bis auf den Cambiumring, ohne indessen denselben zu tödten. Die schwache Irritation hat nicht die Vermehrungsfähigkeit der Cambiumzellen aufgehoben; dieselben haben nachträglich gesunde Holz- und Rindenelemente weiter gebildet und diese trennen jetzt die todte Rindenstelle von dem gebräunten Holzringe. Wie in der freien Natur, so hier bei dem Versuch zeigte sich bei der kurze Zeit währenden Kälte die größere Widerstandsfähigkeit der mit concentrirterem Zellsaft versehenen Cambiumzellen.

Wie sehr von der Beschaffenheit des Zellsaftes die Frostempfindlichkeit abhängt, mag die hier eingeschobene Figur einer jungen, von scharfem Frost getroffenen Apfelblüthe zeigen. Die in Figur 22 einseitig ausgeführten Schattirungen und sonstigen Bezeichnungen gelten selbstverständlich für beide Hälften. Alle schraffirten Stellen l bezeichnen Gewebe mit bereits deutlich luftführenden Intercellularräumen; bei r ist durch die Glycerinreaktion Zucker nachweisbar; die Kreuze bezeichnen die Gegenden mit bereits soweit fortgeschrittenem Stoffwechsel, daß reichlich oxalsaurer Kalk abgelagert wird. Nun bezeichnen die Ringe f die einzelnen frostgebräunten Zellen; alle jüngeren, plasmareicheren Innentheile sind gesund geblieben; die dunkle Linie ist ein Gefäßbündelstrang.

Die Entstehung solcher todten Stellen an einer Zweigseite zeigt, daß die Rinde in derselben Querzone von verschiedener Weichheit gewesen sein muß. Man überzeugt sich auch leicht, daß sowohl Rinde, wie Holz häufig innerhalb desselben Internodiums kleine Abweichungen im Bau und in der Lagerung ihrer Elementarorgane zeigen. Unbedeutende Rindenlockerungen durch Verletzungen der umkleidenden Korklamelle werden durch die verschiedensten Ursachen mit Leichtigkeit hervorgerufen und geben innerhalb der Zeit kräftiger Entwicklung des Baumes häufig Veranlassung zu schnell erlöschenden Zelltheilungen, deren Produkte jünger sind und frostempfindlicher sein können.

In Folge solcher Wahrnehmungen hat auch der Befund an dem einen Birnenzweige nichts Auffälliges, daß die Frostwirkung nicht graduell abnahm, je mehr man von der abgestorbenen Zweigspitze abwärts in die gesunde Parthie hinein die Gewebe untersuchte. Im vorliegenden Falle war die Bräunung im

Holzkörper schon 3 Internodien abwärts eine sehr schwache und die Rinde vollkommen gesund. Da plötzlich erscheint vier Internodien von der abgestorbenen Parthie entfernt eine Frostplatte, welche den halben Zweigumfang einnimmt. Die äußerlich wahrnehmbare Rindenbeschädigung war sehr gering, aber die Bräunung des Holzkörpers eine sehr ausgedehnte, und der Markkörper, welcher bisher immer gesund befunden war, erschien seiner ganzen Ausdehnung nach tief gebräunt. Die Rinde an der betreffenden Stelle sah sogar gesünder aus, als an den vorerwähnten, kleinen Frostplatten, was daher kam, daß im jetzigen Falle der Heilungsprozeß in der Rinde schon größere Fortschritte gemacht hatte.

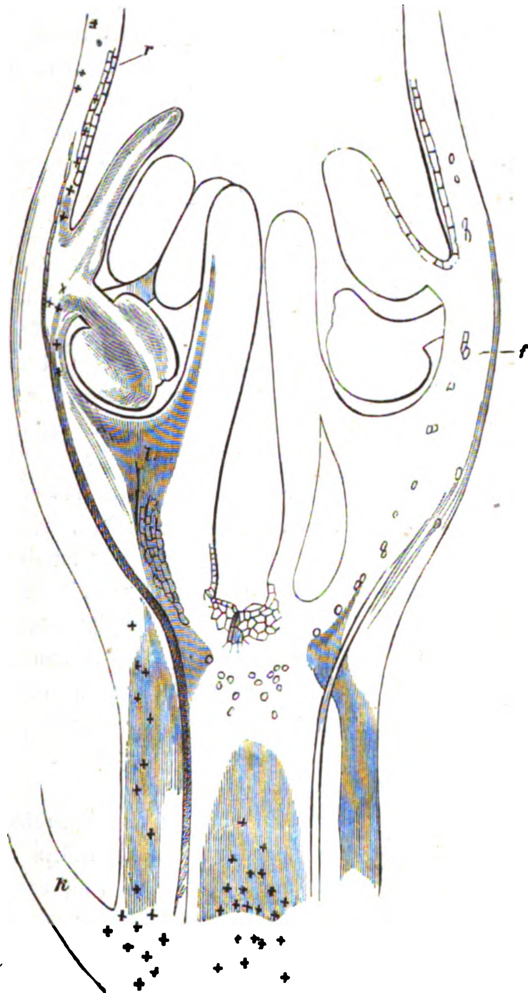


Fig. 22.

Die schwachen Frostplatten, welche ohne Cambiumverletzung entstehen, heilen dadurch leicht, daß das todte Rindengewebe durch eine uhrglasförmige Korkzone aus dem lebenden Rindenkörper herausgeschnitten und z. Th. schnell abgestoßen wird. Diese an die äußere Korkbekleidung des normalen Zweiges sich direkt anschließende, concave Korkzone bildet nach Abstoßung der todten Rindenplatte den festen Schutz der von innen her nachwachsenden, secundären Rinde, welche häufig durch eine schwächere Ausbildung ihrer Hartbastgruppen auch noch vorübergehend kenntlich bleibt, während die Bräunung und die damit verbundene größere Sprödigkeit des Holzkörpers einen dauernden Schaden darstellen.

Der Unterschied zwischen Frostplatte und Brandstelle, wenn man einen solchen machen will und nicht einfach die Erstere als ein für sich auftretendes Primärstadium der Letzteren ansehen will, dürfte in den nach dem verschieden tiefen Eindringen des Frostes verschieden erfolgenden Heilungsvorgängen gefunden werden. In Folge des bei dem Brande absterbenden Cambiums kann an der Brandstelle das bei den Frostplatten erwähnte Nachwachsen neuer Rinden- und Holzelemente nicht direkt stattfinden, sondern es müssen hier die neuen Holz- und Rindentheile von den seitlich der Brandstelle hervorkommenden Ueberwallungsrändern gebildet werden. Auch nach festestem Anschluß der Ueberwallungsränder bleibt natürlich die ehemalige Brandstelle immer durch die braune Zone todter Zellen kenntlich, welche von dem frostgetödteten Cambium und mehr oder weniger reichlich vorhandenen, abgestorbenen Holze herrührt.

Von bedeutenden Pomologen werden auch Fälle angeführt, in welchen eine zu Krebs geneigte Unterlage die Krankheit auf gesunde Edelreiser (einzelner Sorten) übertragen haben soll. So berichtet Oberdieck[1]), daß ein weißer Sommercalvill, als Unterlage benutzt, die Mehrzahl der auf ihr gepfropften Sorten stark zu Krebs geneigt gemacht habe, während ein dicht daneben stehender Baum einer andern Sorte (Pigeon rouge) allergrößtentheils gesunde Probezweige selbst von zu Krebs inclinirenden Sorten aufwies.

Als Sorten, die besonders zu Krebs disponirt erscheinen, sind unter den Aepfeln die am häufigsten von Krebs leiden, zu nennen: der rothe Stettiner, der weiße und rothe Wintercalvill, die Muskatreinette, die Reinette von Clareval, die Edelreinette, die Ananasreinette, die Carmeliterreinette, der Veilchenapfel, Laffert's Glasapfel, der Schleswiger Erdbeerapfel. Es ist bei dieser Aufzählung aber zu bemerken, daß diese Sorten in nahrhaftem, tiefgründigem Boden und warmer Lage gesund bleiben und erst in nassen, torfigen Standorten und kalten Lagen krebsig werden. Damit fällt die Behauptung, die auch jetzt noch geläufig ist, daß manche Sorten so altersschwach wären, daß sie unter allen Umständen krebsig würden.

Ich glaube überhaupt nicht an eine Altersschwäche einer Sorte, obgleich sich ein Verschwinden mancher guten Varietäten aus unsern Obstgärten nicht leugnen läßt. Erklärlich ist aber dieser Fall dadurch, daß jede Sorte an bestimmte Vegetationsbedingungen gebunden, unter denen sie entstanden. Trotzdem sie in weiten Grenzen sich den Schwankungen in der Combination der Vegetationsfaktoren anpassen kann, bringt unser verändertes Kulturverfahren doch Verhältnisse zu Wege, in denen solche, unter andern Verhältnissen entstandenen Varietäten nicht mehr gut gedeihen und für Störungen befähigter

---

[1]) Oberdieck: Anleitung zur Kenntniß und Anpflanzung des besten Obstes für das nördliche Deutschland. Regensburg 1852, S. 85 ff.

Vergl. auch: „Heilung der Krebswunden" von Peiker. Monatsschrift f. Pomol. u. prakt. Obstbau von Oberdieck und Lucas 1861, S. 250.

werden, als spätere Züchtungen, die unter günstigeren, unsern jetzigen Kulturbedingungen ähnlicheren Verhältnissen entstanden sind.

Disposition zu Krebs und Abhängigkeit desselben von äußern Einflüssen.

Die Erfahrung hat, wie oben erwähnt, eine Anzahl Sorten bei den Aepfelbäumen bereits festgestellt, welche eine besondere Neigung zeigen, krebsige Stämme zu bilden. Die Ursachen dieser Geneigtheit sind vorläufig nicht festgestellt; ich vermuthe, daß sie in einer großen Leichtigkeit der sog. krebssüchtigen Sorten zur Bildung von Holzparenchym im Holzkörper besteht. Diese Leichtigkeit einzelner (schnellwüchsiger) Varietäten, im Holzkörper Parenchymnester anzulegen, ist an sich keine Krankheit, aber Veranlassung großer Empfindlichkeit. Die Neigung kann durch gleichmäßige, gute Ernährung des Jahresringes zurückgehalten werden; sie kann durch Störungen in der Ernährung geweckt werden. Daher können ganz gesunde Reiser auf gesunder Unterlage plötzlich den Ausbruch des Krebses zeigen, wie ein sehr in die Augen springendes Beispiel in der neueren Literatur lehrt. [1]) Von einem alten, gesunden Stamme eines Wirthschaftsapfels wurden kräftige Reiser benutzt, um einen jungen, kräftigen, aber krebskranken Baum umzupfropfen. Die Reiser entwickelten so kräftige Triebe, daß dieselben im Sommer desselben Jahres als Oculirreiser auf ganz gesunde Wildlinge verwendet wurden. Aber auf diesen gesunden Wildlingen zeigte sich in der Folge die Hälfte der entwickelten Edeltriebe mit Krebs ebenso behaftet, wie die Krone, welche auf den Krebsstamm vorher veredelt worden war und die Oculationsreiser geliefert hatte. Hier ist also bei einem gesunden Edelreise der Krebs durch die Unterlage hervorgerufen worden und hat sich dann weiter übertragen.

Abgesehen von dieser, im Wachsthumsmodus der Varietät begründeten inneren Ursache, sind noch andere Punkte zu erwähnen, welche eine Disposition der Sorte zum Krebsigwerden hervorrufen können. Vor Anführung derselben sei hervorgehoben, daß auch diese Punkte nicht wissenschaftlich geprüfte und experimentell gefundene Thatsachen, sondern Beobachtungen von praktischen Züchtern sind, die nur durch die Häufigkeit ihrer Erwähnung in der alten und neuen Literatur Glaubhaftigkeit erlangt haben. Unter diesen Umständen ist nicht ausgeschlossen, daß die unglückliche Verwechselung von Brand- und Krebsschäden eine Beobachtung auf den Krebs bezüglich darstellt, die sich thatsächlich auf den Brand bezieht. Indeß dürfte grade hierbei diese Verwechselung unbedenklich hingenommen werden können, da beide Krankheitsformen nur verschiedene Aeußerungen derselben Ursache sind. Die Einflüsse, welche ein Individuum frostempfindlicher machen, dürften also sowohl eine größere Neigung zum Brande als auch zum Krebse hervorrufen.

---

[1]) Uebertragung des Krebses. Freyhoff's Deutsche Gärtnerzeitung 1880, Nr. 9.

Zunächst findet sich die Zufuhr großer Mengen von Dünger zu den Bäumen als Beförderungsmittel zur erhöhten Disposition für Krebs erwähnt. Wenn wir sehen, daß bei unsern Kulturpflanzen die überreiche Gabe stickstoffhaltiger Düngemittel die Neubildungen erhöht, die vegetative Periode verlängert, den Abschluß des Triebes hinausschiebt, so genügen diese Umstände, um eine größere Frostempfindlichkeit zu erklären. Die Bäume gehen nicht nur unreifer in den Winter, sondern auch mit anderem Verhältniß zwischen Holz und Parenchym in jeder Querzone eines Zweiges. Je mehr Holzparenchym, das im Herbst sich mit Stärke füllt, die Querzone eines Zweiges enthält, desto leichter erliegt diese Zone unter sonst gleichen Verhältnissen den Frostangriffen.

Es ist ferner gesagt, daß ein nasser, kühler Standort die Sorten zu Krebs disponire. Hier ist es außer andern Einflüssen die größere Dünnwandigkeit der Zellwand, welche die Frostempfindlichkeit steigert. Die Zweiguntersuchungen haben ergeben, daß die feuchten Jahrgänge substanzärmere Jahresringe erzeugen; bei den Wasserkulturen sind die Zellen weiter und dünnwandiger als bei den Individuen derselben Herkunft, die aber auf wasserarmem Boden stehen.

Nun kann aber auch der Krebs in sehr guten Lagen auftreten, wenn die Bäume durch übermäßiges Pinciren, Ausputzen, Verjüngen, Umpfropfen u. a. Verwundungen im Frühjahr während der größten Cambialthätigkeit tiefgreifende Störungen erfahren. Es ist ganz erklärlich, daß, wenn der Baum in einer Zeit so energischer Produktion, wie dies grade im Frühjahr der Fall, wo die größte Menge des Reservematerials mobilisirt ist, durch Entfernung der meisten augenblicklich thätigen Vegetationsheerde gestört wird, dieses Material eine andere Verwendung sucht. Die im Verhältniß zur verkleinerten Krone übermäßig aufgepumpte Wassermenge macht die Gewebe der stehengebliebenen Theile ungewöhnlich turgescent, und dazu gesellt sich auch eine übermäßige Zufuhr von plastischem Material aus der Achse, das Zelltheilungen an Stellen einleitet, an denen sonst solche nicht mehr stattfinden.

Mir sind in Folge übermäßigen Zurückschneidens bei Birnen Fälle zur Beobachtung gekommen, in denen das chlorophyllführende Rindenparenchym in erneute Theilung trat und weiche Rindenauftreibungen veranlaßte. An andern Bäumen entstanden Holzwucherungen unter der Rinde; einmal sah ich Adventivknospen, die sich zunächst als „Rindenbeulen“ kenntlich machten, nesterweise unter der Rinde entstehen. Es kann auch das Parenchym in der Umgebung einer Hartbastgruppe zu einer holzbildenden Meristemzone sich verwandeln und wir finden dann isolirte Holzkörper mit anfangs einseitig muschelartiger, später fast normal concentrischer Anordnung der Gefäßbündel im Rindenkörper. Wie schon früher erwähnt, können endlich auch die Ueberwallungsränder größerer Zweigquerwunden von jugendlichen Stämmen nach starker Kronenverletzung eine krebsartige Ueppigkeit erlangen.

Es lassen sich nun alle Angaben über Entstehung und Fortpflanzung des Krebses sowohl, als auch über die verschiedenen Ursachen einer erhöhten Disposition zur Erkrankung auf einen gemeinsamen Gesichtspunkt zurückführen. Es handelt sich in allen Fällen um eine lokal erhöhte Parenchymbildung, also eine Hypertrophie. Dieselbe geht in den meisten Fällen vom Cambium aus und äußert sich in der Lockerung der Jahresringe. Die parenchymatische Lockerung der Jahresringe ist der zweite Faktor, der dazu gehört, wenn der erste Faktor, die Frostwirkung, als Krebsgeschwulst in die Erscheinung treten soll. Alle die Umstände, welche als krebserzeugend oder krebsbegünstigend sich angeführt finden, sind solche, die einen lockeren Bau des Jahresringes veranlassen.

Eine Ausbreitung einzelner Krebsstellen ist von vielen Schriftstellern behauptet worden. Die Literaturangaben über diesen Punkt sind aber zunächst wieder dahin zu sichten, daß alle die Fälle ausgeschieden werden müssen, welche als Brandschäden unter der falschen Bezeichnung „Krebs“ erkannt worden sind.

Bei den Brandstellen haben wir wiederum den Frostbrand vom Pilzbrand, Sonnenbrand u. dgl. auseinander zu halten. Der Frostbrand ist, wie Hartig eben schon angegeben, an sich nur dann zu weiterer Ausbreitung fähig, wenn neue Frostwirkungen eintreten.

Die Frostwirkung ist einschließlich ihrer bald erkennbaren Nachwirkung etwas plötzlich Auftretendes, in ihrer Wirkungsweise Begrenztes. Der Frostheerd vergrößert sich nach dem Verschwinden der Ursache nur noch insofern, als diejenigen Gewebepartbien, welche zu getödteen Vegetationsheerden gehören, auch meist unter Verfärbung nachträglich absterben.

Ist diese Grenze gezogen, so erfolgt ein Weitergreifen des Absterbens nicht mehr; wir sehen vielmehr, daß die parenchymatischen Gewebe ihre gesund und vegetationsfähig bleibenden, wenn auch Spuren von Beschädigung zeigenden Parthien vom Krankheitsheerde durch Korkzonen abschließen.

Nur dann kann eine Ausbreitung des Absterbens folgen, wenn bei Wasserreichthum die Wundfäule zum Frostschaden sich gesellt.

Stetig, wenn auch in einzelnen Jahrgängen in verschiedenem Grade, wird ohne künstliche, heilende Eingriffe der Pilzbrand sich ausbreiten.

Die eigentlichen Krebsgeschwülste jedoch werden sich ohne erneute Frostwirkung auch durch die Wundfäule, die mehr oder weniger an Luftabschluß gebunden ist, nicht erweitern.

Es ist oben gesagt, daß in manchen Fällen die Veredlung eines gesunden Reises einer krebskranken Sorte auf eine gesunde Unterlage doch den Krebs im Edelstamme später zum Ausbruch kommen lassen kann. Es wird auch mehrfach behauptet, daß das krebsige Edelreis die gesunde Unterlage anstecken kann. (Hales u. A.) Ueber letzteren Punkt habe ich eigne Beobachtungen nicht gemacht; ersteren Fall kann ich bestätigen.

Mittel gegen den Krebs.

Da das Experiment gezeigt hat, daß Fröste von 4° C. schon genügen, um bei Aepfeln, die unsern Winter schadlos überdauern, an jungen Trieben im Frühjahr den Tod zu veranlassen, so ist daraus ersichtlich, daß wir uns vor den Frostwirkungen zur Verhütung des Krebses nur bei Kulturen auf kleinem Areal schützen können. Andrerseits ist es erklärlich, daß Krebs durch ganz Europa vorkommen kann.

Wenn wir den Krebs daher vermeiden wollen, müssen unsere Anstrengungen darauf gerichtet sein, alle diejenigen Umstände zu beseitigen, welche den anatomischen Bau der Achsenorgane dahin beeinflussen, daß parenchymatische Lockerungen der Jahresringe, namentlich plötzliche und auf kleine Flächen begrenzte entstehen. Wir werden ferner bestrebt sein müssen, die Holzreife zu erhöhen.

Lockerung des Jahresringes durch übermäßige Bildung von Holzparenchym wird erfolgen, sobald das plastische Material, das für größere Flächen bestimmt war, auf Heerden von geringerer Ausdehnung zur Verwendung kommen muß. Man vermeide daher, gleichzeitig zu viel Wunden im Frühjahr durch Ausputzen, Zurückschneiden, Umpfropfen u. dgl. beizubringen. Dabei mag man, wenn die wirthschaftlichen Gründe es erlauben, nur Sorten anpflanzen, die nicht besondere Neigung zum Krebs zeigen. Da der nasse Boden die Dünnwandigkeit des Gewebes einerseits erhöht, andrerseits leicht Veranlassung zum Abfaulen der Wurzelspitzen giebt und damit ein Absterben vieler (namentlich wagrechter) Zweigspitzen bewirkt, die nun eine größere Anhäufung des mobilsirten, reservirt gewesenen Stammmaterials bedingen, so wird auch Drainage des Boden sich als wirksam erweisen müssen.

Die vorhandenen Krebsgeschwülste müssen ausgeschnitten werden bis auf gesunde Cambialschichten, die bei der Heilung der neuen Wunde den Stoffconsum vergrößern. Der Wundschluß erweist sich am einfachsten und besten durch Ueberstreichen mit heißem Theer nach dem Ausschneiden im ersten Frühjahr oder zu Ausgang des Winters. Behufs gleichmäßigerer Ernährung des Jahresringes und weiterer Ableitung der zur lokalen Anhäufung geneigten, plastischen Stoffe, schröpfe man Stamm und Aeste.

Unter den Vorbeugungsmitteln ist der Bodenbehandlung volle Aufmerksamkeit zu schenken und sowohl eine übermäßige Düngerzufuhr, als auch Nahrungsmangel zu vermeiden. Erstere erhöht zu sehr die Zellvermehrung, ohne daß Zeit genug zur genügenden Erstarkung der Zellwände bleibt; Letzterer verursacht gering concentrirte Bodenlösung und leichtes Absterben der Zweigspitzen, somit Ungleichmäßigkeit der Ernährung und Frostempfindlichkeit. Die Holzreife wird bei genügender Nahrhaftigkeit des Bodens durch Bodenlockerung begünstigt. In welcher Weise diese herbeigeführt werden soll, hängt von den speziellen Kulturverhältnissen eines Ortes ab. In manchen Fällen wird Zufuhr von

Bauschutt, Asche, Kalk u. dgl. genügen; in andern wird sich das Ziehen von Gräben, das Legen von Drainröhren u. dgl. empfehlen.

x) Siechthum der Pyramidenpappeln.

Die neueste Zeit hat plötzlich eine Menge Meinungsäußerungen über ein Absterben der Zweige unserer Pyramidenpappeln hervorgerufen.[1]) Eine wissenschaftliche eingehende Untersuchung existirt bis zum Augenblicke nicht und die gelegentlich angestellten Beobachtungen lassen die Ursache unentschieden. Einige Autoren suchen den Grund in der Ansiedlung von Pilzen,[2]) andere in einer Senkung des Wasserspiegels und die Mehrzahl betrachtet den Fall als Folge von Frostbeschädigungen.[3]) Den Einwand, daß frühere Jahre mit ebenso starken Fröften ein solches Absterben nicht hervorgerufen, kann man dadurch entkräftigen, daß der Winter 79/80, dessen strenger Kälte man die Krankheit als Nachwirkung zuzuschreiben geneigt ist, die Bäume in einem durch die Vegetation des Vorjahres bedingten, empfindlicheren Zustande angetroffen haben kann, als die früheren harten Winter, nach denen übrigens ein sporadisches Absterben auch beobachtet worden ist.

y) Akklimatisation.

Wenn man bei den vorgeführten, zahlreichen Frosterscheinungen an unseren Gehölzen bedenkt, wie lange dieselben in unseren Klimaten schon kultivirt werden, ohne daß es gelungen wäre, eine derartige Aenderung im Charakter derselben hervorzurufen, daß sie in unseren kürzeren Sommern ihre Triebe vollständig reiften, so liegt der Schluß nahe, daß es eine Unmöglichkeit ist, die Pflanzen zu akklimatisiren. Dieser Schluß ist aber nicht durchaus nothwendig. Man wird allerdings zugeben müssen, daß ein Individuum sich in seinen Lebensbedingungen nicht ändert. Eine Pflanze, gleichviel ob sie aus einer Zelle besteht oder aus Millionen solcher zusammengesetzt ist, wird während ihrer ganzen

---

1) Wittmack's Gartenzeitung 1883, S. 389. 1884, S. 13.

2) Rostrup: Pyramidepoplens Undergang. Tillaegtil Nationaltitende. Kjobenhavn 13. Novemb. 1883.

3) Hausknecht (Bot. Ver. f. Gesammtthüringen, cit. Bot. Centralbl. 1884, S. 275) hält auch Frühjahrsfröste für die Ursache und macht darauf aufmerksam, daß das Absterben sich fast nur in Flußthälern und Niederungen zeigt, höhere Lagen aber verschont bleiben.

Eine andere beachtenswerthe Notiz finden wir von Pertsch in Petersburg (Deutsche Gärtnerzeitung 1884, Nr. 10). Derselbe fand bei einer Reise durch Nord-, West- und Mitteldeutschland, daß die Länge der abgestorbenen Zweigspitzen immer geringer wurde, je mehr er nach Süden kam. Daß gerade Populus pyramidalis frostempfindlicher ist, als die meisten andern Arten, geht daraus hervor, daß dieselbe in Petersburg nicht mehr fortkommt, während P. alba, laurifolia, suaveolens, balsamea u. A. sehr gut dort gedeihen.

Lebenszeit an eine bestimmte Skala der Temperatur gebunden sein. Unsere Gerste z. B. gedeiht bei 5—10° und auch bei 30° C. Bodenwärme. Die Entwicklung der Pflanze wird allerdings eine andere sein je nach dem Wärmequantum. Die Pflanze bei 10° C. kultivirt ist stämmig, breitblättrig, ihre Wurzel weiß, aus wenig verzweigten Aesten bestehend; die bei konstanter Bodenwärme von 30° C. ist schwächlich, ihre Wurzel viel verzweigter, dünner und intensiv braun;[1]) aber immerhin werden die Pflanzen ihren ganzen Entwicklungsgang durchmachen und keimfähigen Samen erzeugen. So verschieden wie die Gerste auf verschiedenen Stufen ihrer Wärmeskala sich ausbildet, ebenso verschieden würde jeder Baum innerhalb seiner Wärmegrenzen sich entwickeln. Die Vegetationszeit ist nur eine sehr lange, die Entwicklung eine langsame, und die Temperatur, deren Dauer hinreicht, in dem ganzen Entwicklungscyclus einer Gerstenpflanze zum Ausdruck zu gelangen, wird bei dem Baum kaum merklich zur Geltung kommen. Die Differenzen gleichen sich im Laufe der langen Vegetationszeit aus, und das Wachsthum des Baumes ist der Ausdruck einer mittleren Jahrestemperatur, deren Schwankungen für denselben Ort und längere Zeit gleich Null für den Baum sind. Ein hundertjähriger Baum hat in diesem Zeitraum also im Ganzen gleichbleibende Wärmebedingungen und daher keine Gelegenheit, so dauernde Abänderungen zu zeigen wie die Gerste.

Wenn ein Zweig davon weggenommen und als Steckling zum selbstständigen Individuum herangezogen wird, so ändern sich dessen Ansprüche an die Temperatur sowie an die übrigen Existenzbedingungen nicht, da er nur die Fortsetzung des ersten Individuums ist.

Nimmt man von einer Araucaria einen Seitenzweig als Steckling fort, so bildet derselbe die direkte Fortsetzung des Mutterzweiges; er wächst als Zweig fort und wird niemals Gipfeltrieb. (Daß es künstlich gelingt, das Seitenauge eines solchen Stecklings zur Gipfelpflanze heranzuziehen, gehört nicht hierher.)

Soviel neue Individuen (von langer Lebensdauer) auch im Laufe von Jahrhunderten aus Stecklingen erzogen werden, so stellen sie alle, wie das ursprüngliche Individuum, dieselben Ansprüche an die Temperatur und dürften genau alle bei demselben Grade erfrieren, wie Jahrhunderte früher die zuerst bei uns eingeführte Pflanze. Grade bei den Gehölzen unserer Anlagen ist die Stecklingsvermehrung die vorherrschende. Hier werden wir also am wenigsten brauchbares Material für den Beweis finden, daß eine Pflanze fähig ist, sich veränderten Existenzbedingungen anzupassen, wie es das Streben der Akklimatisationsvereine voraussetzt. Solche Beispiele treten aber zahlreich in dem Gebiete der kurzlebigen, krautartigen, durch Samen vermehrten Gewächse auf, und

---

[1]) Bialoblocki: Ueber den Einfluß der Bodenwärme auf die Entwicklung einiger Kulturpflanzen. Inauguraldissertation. Leipzig.

selbst diejenigen Bäume, die aus irgend einem Grunde mehr durch Samenzucht vermehrt und absichtlich in andere Kulturbedingungen gebracht worden sind, werden brauchbares Beweismaterial liefern. Ziehen wir nur unsere Kulturvarietäten des Maises, unsere Weizenarten und Birnensorten in Betracht. Bei den letzteren Beiden zeigen sich Varietäten, die in einem Jahre erfrieren, während daneben stehende andere schadlos durch den Winter kommen; bei dem Mais finden wir eine Sorte, wie den badischen, in unserem Klima reifen, während der daneben stehende Pferdezahnmais nicht reift, da er einer längeren Vegetationszeit bedarf. Was wir bei dem Mais erreicht, suchen wir bei oben erwähnten Bäumen auch zu erlangen.

Die Erfahrung lehrt, daß bei der Vermehrung der Pflanzen durch Samen die Bildung von Individuen mit etwas abweichenden Eigenschaften viel häufiger auftritt, als bei der ungeschlechtlichen Vermehrung. Daß bei dieser Varietätenbildung auch Individuen erzeugt werden, die in Rücksicht auf die Temperatur andere Ansprüche als die Mutterpflanze machen, geht aus den Beispielen der Birnen- und Weizensorten hervor.

Bei der Betrachtung der Varietätenbildung unserer Kulturpflanzen kann man sich dem Eindruck nicht verschließen, daß alle die speziellen Eigenschaften einer Pflanze nichts anderes sind, als der Gesammtausdruck der Lebensbedingungen, unter denen eine Pflanze bisher vegetirt hat. Jeder Lebensbedingung entspricht ein bestimmter Einfluß auf den Pflanzenleib, und dieser Einfluß gelangt in einer bestimmten Eigenschaft zum Ausdruck. Nicht alle Lebensbedingungen wirken gleich constant auf den Pflanzenkörper, und die Schwankungen dieser Vegetationsbedingungen gleichen sich um so mehr aus, kommen um so weniger einseitig zum Ausdruck, je länger der Entwicklungscyclus einer Pflanze dauert. Durch den Einfluß constanter Vegetationsbedingungen wird auch der Ausdruck derselben, nämlich die Eigenschaften der Pflanze constant. Diese Beständigkeit der Eigenschaften gilt für alle Theile des Pflanzenkörpers, also auch für den Samen, soweit derselbe Eigenthum der Mutterpflanze ist und nicht durch fremden Pollen bei seiner Bildung beeinflußt worden. Also auch den Samen wohnt von vornherein ein Bestreben inne, die Eigenschaften der Mutterpflanze wieder auszubilden, d. h. dem Samen wohnt ein erblicher Bildungstrieb bei. Wenn wir uns immer wieder erinnern, daß der Bildungstrieb zusammengesetzt ist aus einzelnen Faktoren, und jeder einzelne Faktor besteht eben in dem Einfluß jeder einzelnen Vegetationsbedingung, so ist ersichtlich, daß der Bildungstrieb um so beständiger in einer Pflanze sein wird, je gleichmäßiger und länger jede einzelne Vegetationsbedingung auf eine Pflanzenspecies gewirkt hat. Es wirken aber nicht alle Faktoren in derselben Beständigkeit und namentlich nicht bei unsern Kulturpflanzen, von denen oben bereits gesagt ist, daß die Veränderungen bei monocarpen Pflanzen, namentlich bei einjährigen, am einflußreichsten sind, weil sie im Verhältniß zur Entwicklungszeit der ganzen Pflanze

viel dauernder einwirken. An und für sich wird also der angeerbte Bildungstrieb bei kurzlebigen Pflanzen viel leichter zu erschüttern und abzuändern sein, als bei perennirenden Gewächsen, wie z. B. bei den Bäumen. Und von den einzelnen Faktoren, die den Bildungstrieb zusammensetzen, werden diejenigen am wenigsten Constanz besitzen, die von den am leichtesten und häufigsten sich ändernden Vegetationsbedingungen bedingt werden. Der Bildungstrieb erscheint somit zusammengesetzt aus einzelnen, ungleich beständigen Entwicklungsrichtungen, wie in der Chemie ein Molekül zusammengesetzt gedacht wird aus einzelnen, verschieden fest gebundenen Atomen.

Kommt nun eine Ursache, welche den angeerbten Bildungstrieb erschüttert, so wird die Erschütterung diejenigen Componenten desselben am leichtesten zur Abänderung bewegen, die an und für sich die geringste Beständigkeit haben (z. B. Blüthenfarben). Erst bei stärkerer Erschütterung oder längerer Dauer derselben werden auch die constanteren Componenten, wie z. B. das Verhalten zur Temperatur beeinflußt werden.

Abgesehen von einer schroffen und dauernden Veränderung der einzelnen Vegetationsbedingungen ist die stärkste Erschütterung des angeerbten Bildungstriebes der Einfluß fremden Pollens bei der Befruchtung. Aus den neueren Untersuchungen geht aber hervor, daß ein großer Theil der Pflanzen dem Gesetz der Dichogamie unterworfen ist, d. h. zur Erzeugung von Samen auf den Pollen einer andern Pflanze direkt angewiesen ist und daß ein noch größerer Theil jedenfalls sehr häufig dichogam ist. Nur ein kleiner Theil, wie z. B. diejenigen Pflanzen, die sich in geschlossenen Blüthen befruchten, ist homogam (auf den Pollen der eignen Blüthe angewiesen). Je mehr eine Pflanzenspezies zur Dichogamie neigt, um so leichter wird die Erschütterung des angeerbten Bildungstriebes, d. h. die Varietätenbildung sein. Je schneller der ganze Entwicklungscyclus von einer Pflanze durchlaufen wird, je kurzlebiger dieselbe ist, um so leichter wird die Aenderung des Bildungstriebes durch Einwirkung fremden Pollens zum Ausdruck gelangen.

Auch die andere Art der Erschütterung, die in einer länger dauernden Aenderung der Vegetationsbedingungen besteht, wird sich am werdenden Individuum, bei der Embryobildung, am leichtesten geltend machen. Je öfter man eine Art in diesen Zustand versetzt, d. h. je öfter man dieselbe durch Samenbildung fortzupflanzen sucht, um so leichter wird die Aenderung des Bildungstriebes eintreten können. Da wir aus unsern Kulturvarietäten sehen, daß die Veränderungen sich auch auf das Wärmebedürfniß erstrecken, daß wir Pflanzen derselben Art in Varietäten besitzen, die bald eine größere, bald eine kleinere Wärmemenge zur normalen Durchführung aller Lebensprozesse beanspruchen, so liegt kein Grund vor, anzunehmen, daß es nicht gelingen werde, von vielen Kulturpflanzen Varietäten zu erzielen, die unsere Winter aushalten, indem sie in unsern Sommern zum Abschluß ihrer vegetativen Thätigkeit gebracht werden.

Wir werden also sagen können, Akklimatisation ist nicht möglich, wenn darunter das Bestreben verstanden wird, bei einem bereits entwickelten Individuum die Lebensbedingungen zu ändern; Akklimatisation ist aber möglich, wenn Pflanzen möglichst oft in den Zustand gebracht werden, wo veränderte Lebensbedingungen auf die jüngste, embryonale Entwicklungsperiode einwirken können. Fremder Pollen ist in dieser Beziehung auch nichts anderes als eine veränderte Vegetationsbedingung, indem durch den osmotischen Einfluß des Pollenschlauches eine andere Ernährung des Embryobläschens bedingt wird.

Der Weg einer erfolgreichen Akklimatisation ist also nicht die Kultur ungeschlechtlich fortgepflanzter Individuen, sondern die möglichst häufige Befruchtung zur Varietäten- und Bastardbildung, wobei immer solche Individuen den Vorzug verdienen, die schon eine Abänderung in der gewünschten Züchtungsrichtung zeigen, sich namentlich widerstandsfähiger gegen unsere Winter verhalten.

Es ist nach dem in den vorangegangenen Kapiteln niedergelegten Material wohl kaum nöthig, hier noch einmal darauf hinzuweisen, daß der hier gemachte Ausspruch über die Constanz der Wärmeansprüche eines langlebigen Individuums durchaus nicht erschüttert wird durch die Erfahrung, daß dasselbe Individuum oder dieselbe Varietät in einem Jahre bei geringeren Kältegraden erliegen können, als in einem andern Jahre. Letzterer Umstand wird durch die alljährig veränderlichen Combinationen der Vegetationsfactoren bei der Herstellung des Jahresringes bedingt und sind vorübergehende Schwankungen, welche den angeerbten Bildungstrieb darum nicht zu erschüttern vermögen, weil sie im Verhältniß zur ganzen Lebenszeit der Pflanze von zu geringer Dauer und in Rücksicht auf den das Produkt von Jahrzehnten darstellenden Gesammtkörper von zu geringer Größe sind. Würde der Hauptachsentheil in jedem Jahre absterben und neu produzirt werden, dann wird die lokale Jahreswitterung auch ihren Einfluß ausüben und Veranlassung zur Bildung klimatischer Varietäten[1]) geben, die wir nicht blos bei einjährigen, sondern auch bei vieljährigen Pflanzen mit krautartiger Achse und perennirender Wurzel antreffen. (Gebirgsformen, Sandformen 2c.). — Der Ausspruch, daß die äußeren Lebensbedingungen nur quantitative Unterschiede und nicht die die Abänderung einer Art charakterisirenden, qualitativen Unterschiede hervorbringen, ist abzulehnen; denn die äußeren Vegetationsbedingungen beeinflussen auch die stofflichen Quantitäten, welche die stoffliche Qualität darstellen, und dauernde Unterschiede in der stofflichen Qualität haben auch Unterschiede in der morphologischen Qualität zur Folge.

z) Frostschutzmittel.

In Rücksicht auf die Mittel, welche gegen Frostschäden anzuwenden sein werden, ist es nöthig, die Frage zu erörtern, ob die Pflanzen durch die Ein-

[1]) H. Hoffmann: Ueber Accomodation. Bot. Jahresbericht 1876, S. 952.

wirkung der Kälte sterben oder erst bei dem Aufthauen und durch die Art des Aufthauens zu Grunde gehen. Daß letzterer Vorgang nicht selten stattfindet, ist zweifellos festgestellt; sicherlich aber wird auch der Tod durch die Kälte selbst hervorgebracht, und keine Art des Aufthauens ist dann im Stande, den Pflanzentheil in's Leben zurückzurufen.

Wenn einmal feststeht, daß Salzlösungen durch die Kälte dauernd in Wasser und eine concentrirtere Lösung geschieden werden, daß selbst neue Verbindungen durch das Gefrieren gebildet werden, dann liegt kein Grund vor, diese außerhalb des Pflanzenleibes beobachteten Vorgänge nicht auch auf die Lösungen in der Pflanzenzelle zu übertragen. Um sich eine Vorstellung über die Art und Weise der Veränderungen zu machen, welche organische Substanzen durch Gefrieren erleiden, sei hier an die Beobachtungen von Vogel[1]) und Sachs[2]) erinnert. Ersterer rührte aus 1 Theil Weizenmehl und 16 Theilen Wasser einen Kleister an, von welchem er die Hälfte in ein Gemenge von 3 Pfd. Schnee und 1 Pfd. Kochsalz (Temperatur — 21° R.) brachte. Nach einigen Stunden klebte der Kleister nicht mehr und hatte eine Menge reines Wasser abgesondert. Nachdem die Masse aber bis zum Siedepunkt des Wassers erhitzt worden, gestaltete sie sich wieder zu einer zitternden, homogenen, klebenden Masse.

Nicht alle Stoffe erleiden durch die Kälte derartige Veränderungen; Weinsäure und Essigsäure, Gummi und Zuckerlösung bleiben bei derselbe Behandlung intakt. Sachs ließ außer dem Stärkekleister noch Hühnereiweiß, welches durch Hitze vorher zum Gerinnen gebracht worden war, gefrieren. Aus den beiden vorher homogenen Massen bildete sich durch den Frost ein lockeres, schwammiges Gewebe, das bei leichtem Druck eine Menge Wasser entließ. Während also vorher in den beiden Substanzen die einzelnen Moleküle derartig gelagert waren, das jedes eine große Wasserzone um sich zu halten vermochte, sind durch den Frost die einzelnen Theile der Substanz näher zu einander getreten, und die zwischen denselben gelagert gewesenen Wasserhüllen sind theilweis ausgestoßen worden. Denkt man sich statt des Kleisters die verwandte Zellstoffsubstanz und an Stelle des Hühnereiweißes das Protoplasma in seiner Grenzschicht als Primordialschlauch, so hat man eine ungefähre Vorstellung, wie die vorher widerstandsfähige Zellwand durch den Frost derartig physikalisch verändert worden, daß Wasser oder Farbstoff aus dem Zellinneren jetzt ungestört heraustreten können.

Einen Vorgang, der an das Ausfrieren des Wassers aus dem Hühnereiweiß erinnert, beobachtet Cohn[3]) an den Zellen einer Wasserpflanze. Zellen

---

[1]) A. Vogel: Ueber die Veränderungen, die einige Stoffe des organischen Reiches beim Gefrieren erleiden, cit. in Göppert's „Wärmeentwicklung", S. 39.

[2]) Sachs: Handbuch der Experimental-Physiologie, Leipzig 1865, S. 60.

[3]) Bericht der Schlesischen Gesellschaft vom 2. Februar 1871.

von Nitella syncarpa wurden einer Temperatur von — 2° ausgesetzt, wobei unter dem Mikroskop noch eine Bewegung des Protoplasma's beobachtet wurde. Bei einer Temperatur von — 3 bis 4° dagegen schrumpfte der Primordialschlauch, wobei offenbar ein Theil des Zellinhalts gefror. Derselbe thauete zwar im Zimmer wieder auf, wobei der faltige Primordialschlauch sich wieder bis an die Zellwand ausdehnte, allein die Zelle war todt. Hier war der Kältegrad und nicht das Aufthauen die Todesursache.

Einen andern Beweis für das Sterben durch die Kälte selbst bringt Göppert in seinen Beobachtungen [1]) an Orchideen. Hie zeigen sirch chemische Veränderungen des Zellinhalts im Augenblick des Erfrierens. In den Blüthen einiger tropischen Orchideen (Phajus grandifolius und Calanthe veratrifolia) befindet sich Indigo in der Form von farblosem Indigweiß, das nach dem Tode der Pflanze als blauer Farbstoff auftritt. Wenn man die milchweißen Blüthen der Calanthe zwischen den Fingern quetscht, werden sie sofort blau. Dieselbe Färbung tritt bei dem normalen Absterben der Blüthen auf; ebenso, wenn man Pflanzengifte, wie Aether und Schwefelkohlenstoff einwirken läßt. Es ist also hier die Blaufärbung das Zeichen des Todes, und dieses Zeichen stellt sich sofort ein, wenn die Blüthen und Zweige der Calanthe in eine Temperatur von — 3° gebracht werden, wobei blau gefärbter Zellsaft austritt. Das Austreten von nichtgrünen Farbstoffen aus gefrorenen Pflanzentheilen ist eine ganz allgemeine Erscheinung; eines der bekanntesten Beispiele zeigen in dieser Beziehung die erfrorenen rothen Runkelrüben.

Der Gegenversuch zu Obigem, durch allmähliches Aufthauen in Eis und Schnee den früheren Zustand herzustellen, erwies sich hier als vollständig vergeblich.

Wenn man schließlich die Fälle in Betracht zieht, wo Pflanzen aus Mangel an Wärme bei Temperaturen über Null schwarzfleckig werden und faulen, und wenn man in der Erklärung des Wortes „Erfrieren" dem allgemeinen Sprachgebrauch gemäß das Sterben der Pflanzen aus Wärmemangel festhält, dann muß man zugeben, daß der Tod der Pflanze durch Frost in beiden Vorgängen stattfinden kann. Entweder bringt die Temperaturerniedrigung selbst eine derartige Umlagerung der Micellen hervor, daß bei eintretender Wärme ein Zurücktreten in die frühere Lagerung überhaupt nicht mehr möglich ist, somit die Wiederaufnahme der früheren Funktionen unterbleiben muß; oder aber die Pflanze stirbt dadurch, daß durch zu schnelle Zuführung von Wärme dem noch möglichen, aber nur sehr langsam möglichen Zurücktreten der Micellen in ihre ursprüngliche Lagerung (zum Theil durch Wiederaufnahme des ausgestoßenen Wassers) d. h. der Wiederherstellung der ursprünglichen Substanzbeschaffenheit ein Hinderniß in den Weg gelegt wird.

---

[1]) Wann stirbt die durch Frost getödtete Pflanze ꝛc. Wochenschrift des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues in den königl. preußischen Staaten 1871, Nr. 33.

Sämmtliche durch Frost hervorgerufene Todesfälle charakterisiren sich durch Gewichtsverminderung des Pflanzentheils, durch spätere Erschlaffung der Zellmembranen und Austreten von Wasser aus dem Zellinnern in Folge der durch den Frost bewirkten Zusammenziehung der Substanz. In der Regel ist der Erfrierungstod von einem Erstarren des Zellsaftwassers zu Eis begleitet.

Das allgemein angewendete Verfahren, Pflanzen gegen Frost zu schützen, besteht darin, daß man dieselben mit möglichst schlechten Wärmeleitern umgiebt. Man bedeckt die Weinstöcke, Rosen u. s. w. mit Erde oder Laub und bindet die Stämme in Moos, Stroh u. dgl. ein. Alle diese Mittel sind gut. Man versäume aber nicht, in kalten Wintern mit mäßigem Schneefall auch den Schnee aus den Wegen auf die eingebundenen Pflanzen zu werfen. Es ist allseitig bekannt, daß eingebundene Stämme, z. B. von Rosen, oft erfrieren, und dieser Umstand wird erklärlich, wenn man mit einem Thermometer die Temperatur unter dem Deckmaterial untersucht; dieselbe ist nur wenig von der äußeren Lufttemperatur abweichend. Untersucht man dagegen den Boden unter einer vielleicht nur 15 cm hohen Schneedecke, so findet man denselben ganz bedeutend wärmer. Göppert's Untersuchungen[1]) geben auch über diesen Gegenstand die schönsten Belege. Im Februar 1870 war die Temperatur sehr niedrig; das Thermometer sank am 4. auf durchschnittlich — 12,6°, und dabei war die Temperatur unter einer 10 cm hohen Schneedecke — 3°. Der Lufttemperatur

von	— 14,7°	am	5/2.	entsprach eine Temperatur unter dem Schnee von	— 4,6°
„	— 17,6°	„	6/2.	„ „ „ „ „ „ „	— 5°
„	— 16,7°	„	7/2.	„ „ „ „ „ „ „	— 5,5°
„	— 16,7°	„	8/2.	„ „ „ „ „ „ „	— 6,5°
„	— 15,4°	„	9/2.	„ „ „ „ „ „ „	— 6°
„	— 14,9°	„	10/2.	„ „ „ „ „ „ „	— 6°
„	— 15,8°	„	11/2.	„ „ „ „ „ „ „	— 5°
„	— 5,7°	„	13/2.	„ „ „ „ „ „ „	— 2°
„	— 2,8°	„	16/2.	„ „ „ „ „ „ „	— 1,5°,

Der Boden selbst war unter der Schneedecke 36 cm tief gefroren, aber die Temperatur desselben selbst an dem sehr kalten 5. Februar in 5 cm Tiefe nur — 1°.

Sprechendere Beweise für den Nutzen der Schneedecke dürften kaum zu finden sein. Es erklärt sich daraus die Möglichkeit der Polarvegetation. Die höchsten bis jetzt beobachteten Kältegrade der Polarzone (— 40 bis 47°) erfahren nur die über den Schnee hervorragenden Stämme der Bäume, nicht die Wurzeln dieser Stämme und ebensowenig die perennirenden, krautartigen Gewächse. Diese befinden sich im Boden in einer nur einige Grade unter 0°

[1]) Bot. Zeit. 1871, Nr. 4, S. 54.

betragenden Temperatur der Schneedecke, welche zwar nicht das Gefrieren, wohl aber den Wärmeverlust durch Strahlung, das Eindringen hoher Kältegrade und eine schnelle Abwechslung der Temperatur verhindert. Aber auch bei uns ist öfter, als wir denken, die Existenz mancher Kulturen an die Schneedecke gebunden. Das Erfrieren der Saaten würde viel häufiger eintreten, sobald ein langer, feuchter und warmer Herbst die Pflanzenentwicklung begünstigt, wenn nicht die Schneedecke sich auflegte, welche die Strahlung und die in unsern Breiten so häufigen, starken Temperaturschwankungen abhält. Wir sehen oft genug, wie leicht die ungenügend geschützten oder bloßliegenden Pflanzentheile dadurch erfrieren, daß plötzlich auftretender starker Sonnenschein sie trifft. Der in der Kältestarre befindliche, von der Wandung zurückgezogene, wasserärmere Zellinhalt gewinnt nicht Zeit, sich durch Wasseraufnahme wieder auszudehnen, in normale Wechselwirkung mit der Zellwand und dadurch mit der Umgebung zu treten, und damit ist die Desorganisation der Zelle eingeleitet. Das sind die Vorgänge, die namentlich bei Frühjahrsfrösten eintreten und die Kulturen der Gärtner besonders benachtheiligen. Man hilft sich dann durch Begießen der hartgefrorenen Pflanzentheile mit recht kaltem Wasser und Einrichtung einer Beschattung. Das Wasser auf den Pflanzen gefriert dann zu einer Eiskruste; hierdurch wird die Temperatur der Pflanze selbst langsam auf 0^0 erhöht und kann nun von dieser Temperatur an nach dem Aufthauen der Kruste sich allmählich weiter erwärmen.

Auf demselben Prinzip der allmählichen Erwärmung beruht das Einschütten angefrorener Kartoffeln und Rüben in Bottiche mit kaltem Wasser und das Zusammenwerfen gefrorener Kohlköpfe in Haufen, die mit Strohmatten bedeckt werden.

Gegen die Nachtfröste im Frühling und Herbst, wo es vorkommen kann, daß die Lufttemperatur gar nicht bis auf 0^0 sinkt, die Pflanzen aber durch Ausstrahlung gegen den heiteren Himmel unter 0^0 erkalten und sich mit Reif bedecken und erfrieren, schützt man durch Mittel, welche die Strahlung hemmen. Man spannt Decken und Matten über die Pflanzen; auch sehr dünne Tücher sind hier schon von Wirkung, und bei Mangel an Deckmaterial ist das dünne Belegen mit Reisig hier ganz am Platze. Auch senkrechte Wände erweisen sich häufig als vortreffliches Frostschutzmittel; sie wirken einerseits dadurch, daß sie die Winde abhalten und andrerseits dadurch, daß sie die Ausstrahlung der Pflanzen vermindern. Bei Spalierbäumen an Mauern oder Holzwänden kommt außer der ganz bedeutend verminderten Ausstrahlung des Baumes auf der der Wand anliegenden Seite auch noch hinzu, daß die Wand selbst ihre gespeicherte Wärme allmählich abgiebt.

Weniger wirksam, jedoch nicht ganz zu verwerfen, ist ein von alten Schriftstellern empfohlenes, bei Gartenkulturen anwendbares Frostschutzmittel im Frühjahr. Der Stamm von Bäumen wird mit einem Strohseil umwickelt, dessen

eines Ende in Wasser taucht. Ueber Beete blühender Frühjahrsblumen werden kreuz und quer in einiger Entfernung von der Bodenoberfläche Stroh- und Wergseile gezogen, deren Enden in einem Gefäß mit Wasser durch einen Stein festgehalten werden.

Zur Erklärung einer günstigen Wirkung dieses Verfahrens wird man an die große latente Wärme des Wassers denken müssen. Wenn das Wasser in den vollgesogenen Strohseilen gefriert, wird Wärme frei, die den darunter liegenden Pflanzentheilen insofern zum Vortheil gereicht, als dadurch das plötzliche Gefrieren alles Wassers verhindert und das Vordringen der Kälte zu den Pflanzen verzögert wird. So gefrieren auch die Pflanzen in der Nähe größerer Wasserflächen weniger leicht. Ein Mittel, welches Gärtner mit Erfolg bei Topfkulturen zur Zeit, wo Nachtfröste zu befürchten sind, anwenden, besteht in der Verminderung des Gießens. Es läßt sich einsehen, daß erstens die Erde selbst weniger erkalten wird, weil weniger Wasser verdampft; zweitens aber wird das Gewebe der Pflanze weniger wasserreich sein, und dies ist von besonderem Vortheil. Wenn durch den geringeren Wasserauftrieb der Wurzel aus dem trocken gelassenen Topfboden die einzelnen Zellwandmicellen mit geringeren Wasserzonen umgeben sind, so rücken die Substanzmoleküle näher an einander. Auf einem bestimmten Raume findet also bei reichlichem Wasserauftrieb und großen Wasserzonen um jedes Micell sich weniger feste Substanz und eine größere Wasserfläche, die verdunstet. Die reichlichere Verdunstung entzieht der Pflanze mehr Wärme, und somit werden stark begossene Pflanzen sich mehr abkühlen als weniger turgescente. In dieser Beziehung können auch Winde günstig wirken, wenn nämlich ein Sturm bei warmer Witterung beginnt, somit die Verdunstung sehr stark beschleunigt und das Gewebe wasserärmer macht. Das Gewebe bleibt in diesem Zustande, wenn im Frühjahr eine dauernd niedrige Bodentemperatur die Wasseraufnahme der Wurzeln verhindert.

Alle diese Verfahrungsweisen lassen sich in der Landwirthschaft im Großen nicht anwenden, wohl aber dürfte ein Mittel die Beachtung des Landwirths verdienen, welches Mayer[1]) wieder neuerdings aus der Vergessenheit hervorgezogen hat, nachdem es früher von Göppert[2]) und Meyen[3]) schon wiederholt anempfohlen und durch Beispiele gestützt worden war. Man zündet nämlich mehrere Feuer, die recht viel Rauch entwickeln, auf den Grundstücken, bei denen man Frostbeschädigungen fürchtet, an. Das Verfahren, das nach Boussingault in Oberperu von den alten Inka's eifrig ausgeübt worden sein und bei den alten Völkern mehrfach ausgedehntere Anwendung gefunden haben soll, wird jetzt noch in Frankreich, in der Umgegend von Rochelle, wie

[1]) Lehrbuch der Agrikulturchemie 1871, I., S. 382.
[2]) Wärmeentwicklung 1830, S. 230.
[3]) Pflanzenpathologie 1841, S. 323.

erzählt wird, jährlich zum Schutz der Weinpflanzungen benutzt. Nach Göppert versuchte Olivier de Serres im Jahre 1639 und später Peter Hogström im Jahre 1757 die Wirksamkeit des Verfahrens durch Versuche festzustellen, und an einzelnen Orten hat sich das Räuchern bis auf die neuere Zeit erhalten. In Neapel machte man des Morgens im Januar einen starken Rauch, um die Feigen, Citronen und Pomeranzen vor dem Frost zu bewahren. In Tyrol, Frankreich, Ungarn, Portugal wurden die Rauchfeuer zum Schutze der Weinstöcke und Obstbäume, namentlich in der Blüthezeit, angewendet. In Würtemberg existiren Verordnungen von 1796 und im Würzburgischen von 1803, nach welchen im Herbst bei eintretender Frostgefahr für die Weinberge Rauchfeuer angezündet werden müssen. In Schlesien wurde eine längere Zeit hindurch in Grünberg von diesem Mittel Gebrauch gemacht; es wurde aber, trotzdem es 20 Jahre hindurch von einem Besitzer mit Erfolg angewendet worden, aus Mangel an allgemeiner Betheiligung wieder aufgegeben. Die allgemeine Betheiligung einer Gegend ist aber nöthig, da sonst häufig ein Einzelner dem Nachbar, auf dessen Felder der Wind den Rauch hintreibt, einen Dienst erweist, ohne Gegendienste zu erhalten. Besondere Vorschriften für diese Schmauchfeuer sind nicht nöthig. In klaren Nächten, namentlich gegen Morgen vor Sonnenaufgang werden die Feuer angezündet und durch feuchte Abfälle, Moos, Stroh u. s. w. genährt, wobei man eben sorgt, daß möglichst dichter Rauch über die Felder hinziehe.

Natürlich wirkt hier nicht die durch das Feuer erzeugte Wärme, welche schon in geringer Entfernung vom Heerde der Flamme nicht mehr nachweisbar sein wird, wohl aber wirkt der Rauch, wie bei dem Gärtner die über die Pflanzen gebreitete Bastmatte oder wie eine Wolkendecke, indem er die zu große Erkältung durch Strahlung verhindert. Durch Tyndal's Entdeckungen wissen wir, daß eine Anzahl Stoffe, wie Kohlenoxydgas, Kohlensäure, Sumpfgas, Ammoniak, Schwefelwasserstoff und ätherische Oele in äußerst feiner Vertheilung in der Luft die Fähigkeit derselben, Wärmestrahlen durchzulassen, auf ein oft sehr geringes Maß reduciren. Dieselbe Fähigkeit besitzt nun auch der Wasserdampf.[1]) Der Vorgang ist also folgender: Am Tage sendet uns die Sonne

[1]) Tyndal: die Wärme betrachtet als eine Art der Bewegung. Deutsche Ausgabe von Helmholtz und Wiedemann 1867. Ueber die Wirkung des Wasserdampfes dürfte es interessant sein, des Autors eigene Worte zu vernehmen. Er sagt S. 500: „Die Wärmewellen eilen von unserer Erde durch die Atmosphäre in den Weltenraum. Diese Wellen stoßen auf ihrem Wege gegen die Atome des Sauerstoffs und Stickstoffs und gegen die Moleküle des Wasserdampfes. Wir könnten glauben, daß die großen Zwischenräume zwischen den Dampfmolekülen eine offene Thür für den Durchgang der Wellen bildeten und daß, wenn diese Wellen überhaupt aufgefangen würden, es durch die Substanzen geschehen müßte, die $99\frac{1}{2}\,\%$ unserer Atmosphäre bilden. Vor drei oder vier Jahren fand indeß der Redner, daß diese kleine Menge Wasserdampf eine 15 Mal größere Wärmemenge auffing, als von der ganzen (unreinen) Luft, in der er vertheilt war, aufgehalten wurde."

ihre Wärme in leuchtenden und dunklen Wärmestrahlen, die der Boden theilweis reflectirt, größtentheils aber absorbirt und so lange hält, bis die Luft kälter wird, wie er selbst. Tritt dieser Zustand ein, sucht sich das Gleichgewicht der Wärme dadurch herzustellen, daß die Erde nun ihre Wärme in der Form dunkler Wärmestrahlen an den kalten Luftraum abgiebt. Sind nun aber die unteren Luftschichten mit einem der obenerwähnten Gase oder mit Wasserdampf stark beladen, so nimmt der Wasserdampf die vom Boden ausstrahlende Wärme in sich auf, anstatt sie durch sich hindurch in die oberen Regionen der Luft zu leiten. Wie groß diese Wärmemenge ist, die von den unteren Luftschichten aufgefangen wird, zeigt Tyndal[1]: „Betrachten wir die Erde als eine Wärmequelle, so werden zum wenigsten 10 % ihrer Wärme innerhalb 10 Fuß von der Oberfläche aufgefangen.“ Durch diese Absorption der dunklen Wärmestrahlen bilden die unteren, wasserreichen Luftschichten einen schützenden Mantel um die Erde, die in Folge dessen nicht so tief erkaltet. Der durch das Feuer erzeugte Rauch ist somit ein künstlicher Mantel voll Wasserdampf, der in Verbindung mit zum Theil noch unbekannten Destillationsprodukten die Durchlässigkeit der Atmosphäre für die von der Ackerfläche ausgestrahlte, dunkle Wärme vermindert.

Eine spezielle Aufzählung der in neuerer Zeit zum Zwecke der Raucherzeugung bei Frostgefahr zusammengesetzten käuflichen Räucherkerzen und Ziegeln übergehen wir, da mit der fortschreitenden Technik immer neue Combinationen auftreten werden. Es genügt der Hinweis auf die Existenz derartiger Artikel.

2. Wärmeüberschuß.

Ueber den Einfluß zu hoher Temperaturen als Ursache von in der Natur vorkommenden Krankheiten wird nur in sofern zu berichten sein, als dieselben eine übermäßige Verdunstung hervorzurufen im Stande sind. In unseren Breiten wird aber durch solche übermäßige Temperaturerhöhung selbst in Verbindung mit starker Luftbewegung nur selten eine dauernde Störung zu befürchten sein. Vorübergehendes Welken der Pflanzen verschwindet sehr bald wieder gegen Anbruch der Nacht. Bei dem Ausräumen von Glashauspflanzen im Frühjahr aus stark beschatteten Gewächshäusern bemerkt man allerdings bisweilen ein

---

Je reiner die Luft, desto größer wird im Vergleich die Wirkung des Wasserdampfes, so daß er mit einer bis zu 70 Mal größeren Kraft wirkte, als die Luft, in der er vertheilt war. „Betrachten wir die einzelnen Atome, so ist ungefähr immer 1 Wasserdampfatom für je 200 Atome Sauerstoff und Stickstoff vorhanden. Dieses eine Atom wirkt 80 Mal stärker als die 200; und daher können wir schließen, wenn wir ein einziges Atom Sauerstoff oder Stickstoff mit einem einzigen Atome Wasserdampf vergleichen, daß die Wirkung (Absorption der strahlenden Wärme) des Letzteren 16000 Mal so groß, als die des Ersteren ist.“

[1]) a. a. O., S. 483.

Zusammenrollen, Trockenwerden und endlich eine Braunfärbung junger Blätter, die in kurzer Zeit abfallen. Dieser Unfall läßt sich leicht vermeiden, wenn man zum Aufstellen der Pflanzen im Freien einen trüben Tag oder die späteren Nachmittagsstunden benutzt. Wieviel hierbei auf Rechnung des plötzlich übermächtigen Lichtreizes, wieviel auf den Einfluß der Wärme kommt, läßt sich vorläufig nicht sagen. Ebenso tragen wahrscheinlich beide Faktoren, Licht und Wärme, gemeinschaftlich die Schuld an den Nachtheilen, die Schacht (der Baum, 1860, p. 305) von der directen Einwirkung des Sonnenlichtes auf Buchenstämme angiebt, welche ein Einreißen und Abblättern der Rinde zeigen, sobald sie längere Zeit intensiven Sonnenschein zu ertragen haben.

Hieran schließen sich ferner die Erscheinungen des Samenbruches bei den Weinbeeren. Da letztere Krankheit auch durch andere Ursachen bewirkt werden kann, so findet deren Besprechung unter den Verwundungen einen passenderen Platz. Die Experimente, welche namentlich von Sachs [1]) ausgeführt worden sind oder citirt werden, erstrecken sich vorzugsweise auf die Bestimmung der Temperaturansprüche einzelner Pflanzen und auf die Erhaltung der Keimfähigkeit von Samen, die einer künstlich hohen Temperatur in Luft oder in Wasser ausgesetzt worden sind. Es ergiebt sich daraus, daß trockene Samen höhere Temperaturen vertragen, ohne Schaden zu nehmen, als bereits angekeimte, daß überhaupt wahrscheinlich die Gewebe der Pflanzentheile um so widerstandsfähiger gegen Hitze sind, je geringer der Wassergehalt der Zellen ist; daß ferner die meisten krautartigen Theile bei 10—30 Minuten langem Verweilen in einer Lufttemperatur von 51 ⁰ C. getödtet werden. Denselben Erfolg zeigt ein 10 Minuten lang andauerndes Eintauchen in Wasser von 45—46 ⁰ C. Sehr leicht möglich ist es überdies, daß Temperaturen, die 5—10 ⁰ niedriger als die hier angegebenen sind, schon tödtlich wirken, wenn die Pflanzentheile längere Zeit darin zu verweilen haben. Ueber den Einfluß zu hoher Bodentemperatur auf die Wurzeln unserer Getreidearten hat Bialoblocki [2]) Beobachtungen gemacht. Die oberste Grenze der constanten Bodenwärme, bei welcher noch das Leben der Wurzel möglich ist, beträgt etwas weniger als 40 ⁰ C. Eine nur sehr kurze Zeit (4—5 Stunden) währende Steigerung der Bodentemperatur bis auf 55 ⁰ C. wurde ohne bemerkbaren schädlichen Einfluß allerdings ertragen, dagegen tödten 50⁰ C. bei längerer Dauer unbedingt die Pflanze. Hier kommt aber das Alter der Pflanze, also wahrscheinlich auch die Concentration des Zellsaftes sehr in Betracht. Je jünger die Pflanze, desto fähiger ist sie, längere Zeit Widerstand zu leisten. Die Veränderungen, welche ein durch zu große Hitze getödteter Pflanzentheil zeigt, sind nach Sachs sehr ähnlich denen, welche erfrorene Gewebetheile zeigen. Die Zellwandungen verlieren ihre Widerstands-

---

[1]) Experimental-Physiologie S. 64 ff.

[2]) Ueber den Einfluß der Bodenwärme 2c.

kraft gegen den Druck des Zellinhalts; der Zellsaft filtrirt hindurch, dringt in die Intercellularräume und macht dadurch das ganze Gewebe durchscheinender. Die Zellen und dadurch die ganzen Organe erschlaffen. Farbstoffe, die in der gesunden Zelle zurückgehalten, treten ungehindert aus, sowie andere ohne Hinderniß in die verbrühte Zelle eintreten können. Aus den gelockerten Zellwandungen verdunstet das Wasser schnell und die verbrühten Pflanzentheile vertrocknen oder verfaulen in kurzer Zeit. Einige häufig auftretende Erscheinungen mögen noch kurz erwähnt werden.

a) Zweckwidrige Aenderung des Entwicklungsmodus.

Bei Uebertragung der Kulturpflanzen aus der gemäßigten Zone in die Tropengegenden machen sich bisweilen sehr unliebsame Störungen im Entwicklungsgange der Pflanzen bemerkbar, die den Kulturzweck arg schädigen. Es liegt dies in der unerwünschten Abkürzung der einzelnen Vegetationsphasen, namentlich in der Verkürzung der Periode der Blattentwicklung und Produktion der Reservestoffe, welche zu früh zur Ausbildung des Reproduktionsapparates verwendet werden. Es leiden darunter namentlich diejenigen Gewächse, bei denen wir durch fortgesetzte Kultur in nährstoffreichem, namentlich stickstoffreichem Boden die vegetative Periode verlängert und den Blattapparat zur üppigen Entfaltung gebracht haben (Kohlarten, Salate 2c.). Fälle dieser Art führt Duthie aus Soharunpore [1]) an, dessen Anbauversuche in Indien mit wenigen Ausnahmen die schnelle Samenreife europäischer Gewächse ergaben. Während die Runkelrübe z. B. in England zum Durchlaufen ihrer Entwicklungsstadien 18 Monate nöthig hat, braucht sie in Indien nur 8 Monate. Bei den Kulturformen der deutschen Astern äußert sich der Klimawechsel darin, daß kein Same reift. Brachycome und Petunia verändern ihre Blumen und erhalten dieselben in weißer Farbe. Der Vorgang scheint mir den Gegensatz zu dem Prozeß der Röthung der Pflanzentheile im Frühjahr bei Wärmemangel darzustellen.

Ueber ähnliche Erscheinungen wird aus dem tropischen Amerika berichtet: Lehmann [2]) fand im westlichen Columbien, daß Kohl, Salate, Zwiebeln, Mohrrüben sich in einer dem Kulturzweck nicht genügenden Weise ausbilden. Während die aus Europa bezogenen Samen im ersten Jahre in entsprechenden Oertlichkeiten ausgezeichnete, zarte Gemüse in gewünschter Ausbildung liefern, bringen die nun von diesen Individuen geernteten Samen Pflanzen hervor, welche bei Kohl und Salat nur noch Spuren von Kopfbildung zeigen und bei Zwiebeln zu fingerstarken Strünken ohne Zartheit und Schmackhaftigkeit sich ausbilden.

In den Aequatorialgegenden tritt diese Erscheinung schneller und stärker

---

[1]) Gardener's Chronicle 1881. I., S. 627.

[2]) Lehmann: Ueber eine physiologische Erscheinung bei der Gemüsekultur im tropischen Amerika. Deutsche Gärtnerzeitung 1883, S. 260.

auf, als in den höheren Bergregionen und bei 10—15° Breite. Die Pflanzen kommen hier in keine Ruheperiode.

Hierher zu rechnen sind ferner auch die bei uns nicht selten zu beobachtenden Erscheinungen, daß Gemüsepflanzen, welche zu spät im Jahre ausgesäet werden, mit der Entwickelung ihrer vegetativen Organe zu schnell in die heiße, trockne Jahreszeit kommen. Der Laubkörper wird hart und die rübenartigen Anschwellungen schnell holzig. Annuelle Samenträger (Getreide, Sommerblumen) werden nothreif. Erbsen werden bei zu später Aussaat sehr leicht vom Rost (Uromyces) überwältigt. Daß die Turgescenz der Gewebe bei zu hoher Temperatur abnimmt, hat Kraus[1]) ausgesprochen.

Für den Einfluß der Trockenheit auf das Befallen der Pflanzen durch Pilze hat Haberlandt bei seinen Versuchskulturen ein schönes Beispiel beigebracht. Von drei mit Weizen besäeten, während der ganzen Vegetationszeit dicht bei einander stehenden Töpfen war derjenige, dessen Pflanzen nur grade so viel Wasser empfingen, um sich am Leben zu erhalten, vom Mehlthau (Erysiphe tritici) derart heimgesucht, daß dem Pilz jedenfalls ein großer Theil der Schuld für die gänzliche Mißernte zugeschrieben werden mußte. Der danebenstehende, reichlich bewässerte Topf war fast gänzlich von dem Schmarotzer verschont.[2]) Wie sehr auch ohne Mitwirkung parasitischer Feinde die Produktion der Pflanzen bei falscher Aussaatzeit leidet, beweisen die Hellriegel'schen Experimente.[3]) Gerste in den Monaten April, Mai, Juni, August und September in Töpfe mit gleicher Nährstoffmischung und Bodenfeuchtigkeit unter sonst ganz gleichen Verhältnissen ausgesäet, verhielt sich vollkommen verschieden. Die Aussaat im April brachte sehr gleichmäßig ausgebildete, vorzügliche, reife Samen tragende Pflanzen nach 88 Tagen. Die zu Ende Mai vollzogene Aussaat zeigte Pflanzen, die anfangs auch sehr kräftig sich entwickelten. Als aber gegen Mitte Juli, zur Zeit des Hervortreibens der Aehren aus den obersten Blättern eine dauernde Hitzeperiode eintrat, blieben die Halme im Längenwachsthum zurück. Die Körner erreichten bis zu dem verfrühten Absterben der Pflanzen (nach 77 Tagen) nur eine unvollkommene Ausbildung und blieben flach, waren also nothreif geworden. Die späteren Aussaaten zeigten eine steigende Verlängerung der Vegetationsperiode (die Septemberaussaat brauchte z. B. 240 Tage) und ergaben sämmtlich unvollständig ausgereifte Körner.

b) Verminderung der Keimfähigkeit von Samen.

Es ist im allgemeinen Theile schon der Ergebnisse der Sachs'schen Beobachtungen gedacht worden. Spätere Forscher haben das Material über den

[1]) Molekularconstitution des Protoplasma's. Flora 1877, S. 534.
[2]) Biedermann's Centralbl. 1875, II., S. 402.
[3]) Grundlagen des Ackerbaues 1883, S. 352.

Einfluß hoher Temperaturen auf die Keimfähigkeit beträchtlich vermehrt. Die zahlreichen Versuche von Haberlandt, Wiesner, Fiedler, Krasan, Just, Nobbe, Pouchet, Höhnel u. A. ergaben, daß der Wassergehalt des Samens neben der Individualität am meisten in Betracht kommt. Höhnel fand,[1]) daß Samen von geringem Wassergehalt (höchstens 3 %) recht gut ohne Schädigung ihrer Keimfähigkeit dauernd 100° C. ertragen können; bei höheren Temperaturen keimten noch einzelne Individuen; über 125° C. vertrug keine der geprüften Samengattungen (Weizen, Klee, Raps, Leindotter, Majoran ꝛc.). Mais und Bohnen hatten schon nach 1stündiger Erwärmung auf 110° ihre Keimfähigkeit ganz verloren. Uebrigens ist auch hierbei nicht zu vergessen, daß es keine absolut festen Temperaturgrenzen für die Keimung und Tödtung der Samen einer Spezies giebt, da die Minimal- und Maximalgrenzen je nach der individuellen Constitution etwas verschiebbar sind, und daß die einzelnen Gattungen in ihren Ansprüchen an eine optimale Keimtemperatur ungemein verschieden sind. Manche Samen werden durch Einquellen in Wasser von 40° C. schon geschädigt, während andere (Mais) dadurch gefördert werden u. s. w.

Tritt während der Keimung eine zu hohe Temperatur ein, so macht sich nach Just's Versuchen[2]) die Schädigung durch Verlängerung der Keimzeit und durch langsamere Entwicklung der Keimlinge bemerkbar. Diese Schädigungen ähneln übrigens denjenigen, welche die Samen durch hohes Alter bei normaler Aufbewahrung erleiden.

Ueber den Einfluß großer Temperaturschwankungen liegen nur wenige und z. Th. einander widersprechende Versuchsresultate vor (Köppen und Pedersen). Ein festes Urtheil ist daher noch nicht möglich, doch glaube ich, daß wiederholte große plötzliche, Schwankungen schädlich wirken.

Im praktischen Betriebe sehen wir die Samen bei Aussaat in der heißen Jahresperiode sehr ungleichmäßig aufgehen. Wenn die Pflanzen sich aber auch glücklich durch die Hitzeperiode hindurchgearbeitet haben, unterliegen sie einem andern Uebelstande. Denn nun tritt Feuchtigkeit zur unrechten Zeit ein; die Turgescenz hebt sich, und das Reservematerial der Blätter wird von Neuem mobilisirt, geht aber nicht oder nur theilweis zu den durch die Trockenheit zu langsamerer Entwicklung zurückgedrückten Blüthenanlagen, sondern in die vegetativen Seitenknospen als den am leichtesten erregbaren Organen. Die Folge davon ist eine nachträgliche Produktion von Seitensprossen, die unfruchtbar bleiben: die Pflanzen werden „zweiwüchsig“. Die Samen der Hauptsprosse werden nothreif oder der ganze Fruchtstand manchmal „taubblüthig.“

---

[1]) Wissenschaftl. praktische Untersuchungen v. Haberlandt, Bd. II, 1877, S. 77 ff.
[2]) Cohn's Beiträge zur Biologie d. Pflanzen. Bd. II., S. 311.

c) Rückgang der Gesammtproduktion.

Nach dem allgemeingültigen, auf alle Vegetationsfaktoren Bezug habenden Gesetze, daß jede Steigerung einer zur Erhaltung des Lebens nothwendigen Existenzbedingung über das optimale Maß hinaus eine Schwächung hervorruft, ist auch für die Bodenwärme von vornherein eine Schädigung vorauszusagen. Je mehr die Bodenwärme, oder bei Wasserpflanzen, die Temperatur des Wassers derjenigen Höhe sich nähern, bei welcher die Tödtung des Pflanzentheils stattfindet, um so mehr läßt auch die Produktion nach. Es würde daher kaum nöthig sein, hier speziell den Fall in's Auge zu fassen, wenn in der Praxis nicht oft genug der Einfluß zu hoher Bodentemperatur auf die Wurzeln außer Acht gelassen würde. Von anatomischen Untersuchungen liegt eine Arbeit von Prillieux vor,[1]) welcher Samen verschiedener Pflanzen (Bohnen und Kürbisse) in Töpfe säete, welche durch erhitzte Drähte hohe Bodenwärme erhielten. Die jungen Keimpflanzen verlängerten sich nur wenig und schwer, erhielten aber ein geschwollenes Ansehen. Dort, wo die Schwellung des Stengelchens am intensivsten war, zeigten sich klaffende, bis auf das Mark gehende, meist horizontale Risse. Gegenüber den gleichalterigen, normalen Pflanzen waren die des überheizten Bodens nur halb so lang, aber von nahezu drei- bis vierfachem Dickendurchmesser an der Stelle der Schwellung. Dort waren auch die Epidermiszellen 2- bis 3 mal breiter, als bei den normalen Pflanzen; die Spaltöffnungen zeigten denselben Unterschied, nur in geringerem Maaße. Die Haare waren nicht verschieden. Das Rindenparenchym war viermal dicker; eine Vermehrung der Zellen hatte aber nicht stattgefunden. Noch größere, radiale Ausweitung zeigten die Zellen des Markparenchyms; nur im Bastparenchym ließ sich wirkliche Zellvermehrung nachweisen.

Die Zellkerne verhalten sich unter den abnormen Bedingungen ähnlich den Zellen selbst; sie hypertrophiren und vermehren sich derart, daß oft 3—4 in einer einzigen Zelle zu finden sind. Die Kerntheilung erfolgt in der Form, die van Beneden (Recherche sur les Dicyémides. Bruxelles, 1876) als „fragmentation" bezeichnet hat, also ohne Bildung der garbenartigen Plasmafäden von 2 Polen aus. Man nimmt eine solche Zellvermehrung auch in den kurzen, gebogenen und verkrümmten, aber nicht geschwollenen Wurzeln der alterirten Pflanzen wahr. Die großen, deformirten Zellkerne zeigen meist auch ganz unregelmäßige und zu mehreren auftretende Nucleolen, welche durch Schwarzfärbung mit Osmiumsäure nicht selten Vacuolen im Kern erkennen lassen. Bei der Fragmentirung der Kerne erscheint meist einseitig vorher eine Falte, welche den Kern einzuschnüren sucht; später bildet sich eine Plasmawand

---

[1]) Altérations produites dans les plantes par la culture dans un sol surchauffé. Annal. d. sc. nat. Sér. VI. Botanique, t. X. 1880, S. 347.

zwischen zwei Nucleolen; die beiden entstandenen Hälften blähen sich auf und suchen sich zu separiren, welche Trennung sich aber nicht immer wirklich vollzieht. Uebrigens scheint es, daß die Kernzerklüftung (fragmentation) sich vollzieht innerhalb einer dem ursprünglichen Kern angehörenden und schon vorhandenen Plasmahülle, die erst später zerreißt.

In dieser Vermehrung der Weichbastelemente und der Zellkerne kann man wohl eine Andeutung sehen, in welcher Weise eine dem Optimum näherstehende Erhöhung der Bodenwärme begünstigend wirkt. Es dürfte die Zellvermehrung und die Zuleitung des plastischen Materials beschleunigt werden. Den wohlthätigen Einfluß erhöhter Bodenwärme nutzt die Gärtnerei bekanntlich in hohem Maße durch die Mistbeetkästen aus. Aber grade dort läßt sich auch die Beobachtung machen, daß manchen Pflanzen kühlerer Klimate eine zu hohe Bodenwärme nicht zusagt; sie wachsen nicht schneller, sondern faulen leichter. Man kann sich diesen Umstand damit erklären, daß die gebotene Wärme, die den meisten Pflanzen noch förderlich ist, einzelnen Arten zu hoch ist. Die Assimilationsenergie läßt nach, und der geschwächte Organismus wird jetzt von Spalt- und Mycelpilzen besiegt.

Wie sehr die Assimilation sinkt, wenn die Bodentemperatur zu hoch wird, zeigen wiederum die Hellriegel'schen Versuche.[1]) Vergleichende Kulturen in ausgeglühtem Quarzsande ergaben als Ernteresultat bei

bei	8°	10°	15°	20°	25°	30°	40° C. const. Bodentemp.
Roggen:							
Frischgewicht	191,5	176,3	269,4	456,6	376	408	240,1
darin Trockensubstanz	23,9	22,8	32,4	49,5	42,4	47,0	31,2
Weizen:							
Frischgewicht	98,6	130,8	241,0	260,5	342,0	402,2	296,0
Trockensubstanz	15,8	20,8	29,5	30,8	43,9	46,9	40,3
Gerste:							
Frischgewicht	151,9	156,0	383,4	408,5	435,2	365,0	230,5
Trockensubstanz	17,1	18,0	34,4	36,7	42,0	35,0	26,3

Die Resultate beziehen sich auf jugendliche Pflanzen und zeigen deutlich, wie von einer Optimaltemperatur für die Wurzeln aus nach einer oberen und unteren Grenze hin die Produktion abnimmt. Gleichzeitig geben die Zahlen aber auch einen Aufschluß über die Verschiedenartigkeit des Wärmebedürfnisses der verschiedenen Getreidearten. Die höchste Bodentemperatur (wenigstens in der Jugend) beansprucht sonach der Weizen. Die energischeste Assimilationsthätigkeit entwickelte der Weizen bei 30° C. Bodenwärme, während Roggen sich bei 20°, Gerste bei 25° C. am besten entwickelten.

Auch in diesem jugendlichen, der Accomodation zugänglichsten Lebensalter zeigten die Pflanzen deutlich den störenden Einfluß zu hoher Bodenwärme.

---

1) a. a. O., S 332.

Abgesehen von einer Verzögerung der Keimung, zeigte sich im Habitus der Pflänzchen ein wesentlicher Unterschied darin, daß dieselben bei hohen Temperaturen in Stengeln und Blättern dünn und schmächtig wurden, während bei niederer Bodenwärme die Exemplare kurz, dick und fleischiger erschienen.

Die früher citirten Versuche von v. Bialoblocki ergaben dieselben Resultate und zeigten auch namhafte Unterschiede in der Ausbildung des Wurzelapparates. Die Gerstenpflanzen, welche constant bei 10° C. Bodenwärme wachsen mußten, hatten ihre Wurzeln aus wenigen, großen, auffallend starken, schön weißen Aesten erster und zweiter Ordnung gebildet, von denen die Letzteren ungewöhnlich kurz und mit kleinen, warzenförmigen Erhöhungen (Astanlagen dritter Ordnung) bedeckt waren. Die in einem Boden von 30° constanter Temperatur stehenden Individuen hatten fadendünne, außerordentlich vielfach verzweigte und zu einem dichten Nest verfilzte, braune Wurzelfasern getrieben. Bei 40° C. war der Charakter des Wurzelballens derselbe, aber die Ausdehnung desselben überhaupt ungemein gering; es war ein kleiner Filz in den oberen Bodenlagen gebildet worden.

d) Das Verbrennen der Blätter.

Man bezeichnet damit den Tod der Gewebe in Folge der Einwirkung der Sonne. Dabei wirken aber Licht und Wärme zusammen. Wieviel bei den Todeserscheinungen einem jeden Faktor zugeschrieben werden muß, wissen wir nicht. Die Meinung bedeutender Forscher, daß das gesammte Licht in der Pflanzenzelle in die Kraftform der Wärme übergehe und in dieser Form wirksam sei, ist nicht wahrscheinlich; vielmehr deuten Verdunstungsversuche bei Lichtverminderung unter gleichzeitiger Temperaturerhöhung an, daß das Licht als solches, mindestens zu einem Theile wirksam sein und den Assimilationsprozeß beeinflussen wird; ein Theil wird zweifelsohne auch in Wärme umgewandelt und derart verwendet werden. Unter dieser Voraussetzung ist es auch wahrscheinlich, daß eine Pflanze sich gegen dieselbe Wärmemenge verschieden verhalten wird, je nachdem sie dieselbe im Dunkeln oder im erleuchteten Raume empfängt. Es mag deßhalb auch hier, wie bei den Keimungstemperaturen, davon abgesehen werden, bestimmte Zahlenangaben aus den Beobachtungen der einzelnen Forscher zu citiren.

Im Allgemeinen sind Temperaturen zwischen 40 und 50° C. tödtlich; doch ist bei Fettpflanzen von Askenasy[1]) beobachtet worden, daß dieselben solche Wärmemengen schadlos ertragen. Askenasy überzeugte sich im Hochsommer, daß Sempervivum bei einer Lufttemperatur von 31° C. im Schatten eine Erwärmung im Innern bis 48 und 51° C. erlitten hatte. Die Wärme im Innern der Pflanzen war bei einigen Arten etwas höher, bei andern etwas

[1]) Askenasy: Ueber die Temperatur, welche Pflanzen im Sonnenlichte annehmen. Bot. Z. 1875, S. 441.

niedriger, als an ihrer Oberfläche. Die Temperatur an der Oberfläche des Blattes stand in keinem direkten Verhältniß zur Lufttemperatur an verschiedenen Tagen. Es zeigte z. B.

Sempervivum arenarium	bei 31 °C.	am 15./7.	um 3 Uhr Nachmitt.	48,7° C.
	„ 28,2 „	„ 16./7.	„ 3 „ „	46,0 „
	„ 28,1 „	„ 18./7.	„ 12,30 Uhr Mittags	49,0 „

Dicht daneben stehende, dünnblättrige Pflanzen besaßen eine viel niedrigere Temperatur.

Am häufigsten zeigen sich die Erscheinungen des Verbrennens bei Glashauspflanzen, die im Frühjahr in's freie Land gebracht werden. Nicht immer wird das Blatt getödtet, sondern manchmal nur geröthet oder gebräunt. Bei gewölbten Blättern ist oft nur die Wölbung an der Oberseite verfärbt und anstatt grün ist sie kupferig gefärbt (Rosen). Im Laufe einiger Wochen kann sich eine solche Pflanze selbst unter Verbleiben an ihrem Standort wieder ausheilen.

Wenn Wassertropfen in stark von der Sonne beschienenen Glashäusern, die nicht gelüftet werden, längere Zeit auf Blättern liegen bleiben, kann man bisweilen ein Verbrennen der Blattsubstanz unter dem Tropfen beobachten.[1]) Einschlägiges ist auch bei Lichtüberschuß nachzulesen.

e) Beschädigung der Trauben durch Sonnenbrand.

Eine Beschädigung der Trauben wird nach den Beobachtungen von Müller-Thurgau[2]) dann wahrgenommen, wenn nach längerer, feuchtkalter Witterung plötzlich heiße, klare Sonnentage eintreten; es zeigt sich dann an freihängenden Exemplaren fast regelmäßig, daß die den direkten Sonnenstrahlen ausgesetzten Beeren ihre grüne Farbe verlieren, hell werden, dann sich bräunen und schließlich zu schrumpfen beginnen. Auch der Traubenstiel kann an solchen Stellen, an denen er direkt von der Sonne getroffen, leiden und es schrumpfen dann die dazu gehörigen Beeren ebenfalls ein, verlieren jedoch in diesem Falle nicht ihre grüne Farbe. Bei blauen Sorten werden die von der Sonne getroffenen, noch grünen Beeren dunkler als die weißen Sorten und nehmen eine fast schwarze Färbung an. Daß wirklich hier es Wärmeüberschuß ist, der die Beeren tödtet, geht daraus hervor, daß Trauben, die in einem Blechkasten auf 50° C. erwärmt wurden, genau dasselbe Aussehen annahmen, wie die vom Sonnenbrande im Freien betroffenen Exemplare. Auf das Verbrennen übt der Reifezustand, sowie überhaupt der Wassergehalt der Organe und auch der Feuchtigkeitsgehalt der umgebenden Luft einen maßgebenden Einfluß. Unreife Beeren von Riesling und Sylvaner wurden durch eine 2 Stunden währende Erwärmung auf 42° C. nicht beschädigt, wohl aber bei 44° C. nach gleichlanger Einwirkung.

[1]) Adansonia 1860—1862, cit. in Bot. Zeit. 1865, S. 285.
[2]) Der Weinbau 1883, Nr. 35.

Daß die besonnten Beeren wärmer sind als die umgebende Luft, zeigten direkte Messungen. Während ein Luftthermometer im Schatten 24° C., ein anderes in der Sonne 36° C. zeigte, stieg in der besonnten Weinbeere die Temperatur auf 40° C.

Es zeigte sich ferner, daß Rieslingsbeeren in guter, warmer Lage, welche nachgewiesenermaßen an Wasser ärmer, als solche aus geringen Weinbergen, weniger vom Sonnenbrande litten, als Letztere. Die Differenz betrug höchstens nur 1—2° C. Neben dem geringeren Wassergehalt ist die fortgeschrittene Reife der Beere ein Umstand, der schützend gegen den Sonnenbrand wirkt. Der frühe Malinger und Frühburgunder, welche Mitte August schon reif sind, zeigten beispielsweise durch die heiße Augustsonne keinerlei Beschädigung, während über 50 verschiedene, dicht danebenstehende Rebsorten, die später reiften, also im August noch hart und grün waren, mehr oder weniger gelitten hatten. Eine Temperaturmessung in grünen, unreifen, harten Beeren von Riesling, Sylvaner, Elbling und Spätburgunder ergab schon eine Schädigung bei 43° C., während die ziemlich reifen Beeren vom frühen Malinger und Frühburgunder längere Zeit ohne Schaden auf 55° C. erwärmt werden konnten und das Fruchtfleisch der Malinger Trauben erst bei etwas über 62° C. getödtet wurde.

Die Erfahrung der Praktiker, daß Sonnenbrand am meisten dann sich zeigt, wenn naßkalte Witterung den heißen Tagen vorhergeht, erklärt sich einerseits durch den größeren Wassergehalt der Beeren und andrerseits durch die geringere Verdunstung und demgemäß auch geringere Abkühlung in feuchter Luft. Betreffs des Einflusses der Trockenheit wurde ein Versuch von Müller mit 2 Rieslingstrauben angestellt, von denen die eine in einem mit feuchtem Fließpapier austapezirten Glase, die andere in einem mit Chlorcalcium versehenen Glase in den heizbaren Blechkasten gebracht wurden; bei 41,5° C. war die in feuchter Luft befindliche Traube vollständig getödtet, während die in der mit Chlorcalcium getrockneten Luft befindliche Traube kaum beschädigt war. Zwei Thermometer, von denen der Eine frei, der Andere mit seiner Kugel in eine Weinbeere gesteckt worden war, kamen in einen heizbaren Blechkasten, der auf 40° C. erwärmt wurde. Der mit der Beere umkleidete Thermometer zeigte sowohl bei dem langsamen Steigen der Temperatur, als auch mit dem Sinken derselben stets etwa 4° tiefer, als der Andere, was wohl nur durch die Verdunstung der Beere bedingt sein konnte.

Das beste Vorbeugungsmittel wird der Schutz der Trauben durch Blätter sein und es ist irrig, zu glauben, man nütze den Trauben, wenn man die Blätter vor denselben entfernt.

Anhangsweise sei auch des Nutzens einer erhöhten Lichtzufuhr durch Anwendung des electrischen Lichtes gedacht. Von den vielfachen, aber oft nicht vorwurfsfreien Versuchen mögen hier nur die von Siemens durchgeführten

erwähnt[1]) werden. Von den aus diesen Versuchen abgeleiteten Schlüssen ist hervorzuheben, daß die Ausstrahlung der Wärme von mächtigen, electrischen Lichtbögen die Wirkungen von Nachtfrösten aufzuheben im Stande sein dürfte. Ebenso möchte der Fruchtansatz und die Reife der Früchte beschleunigt werden. Während des Einflusses des electrischen Lichtes können die Pflanzen erhöhte Ofenwärme vertragen.

f) Sonnenrisse.

Es dürften hierher auch noch Erscheinungen zu ziehen sein, welche zwar nicht als alleinige, doch aber als nächste Ursache die verhältnißmäßig zu starke Erwärmung und Beleuchtung haben. Diese Erscheinungen bestehen in einem Aufreißen der Rinde von Bäumen im Frühjahr; sie sind von de Jonghe[2]) Sonnenrisse (sunstrokes) genannt worden. Caspary, der Referent der de Jonghe'schen Beobachtungen, stellt die Beschädigungen der Bäume durch Rindenrisse als Frostwirkungen hin, indem er annimmt, daß bei plötzlich eintretendem Froste der ausfrierende Saft des Cambialgewebes die Rinde zerreißt und vom Holze absprengt, ohne das Holz selbst zu beschädigen. De Jonghe giebt zwar zu, daß eine plötzliche Temperaturveränderung der Luft im Frühjahr ihren Antheil an der Erscheinung habe, aber hält fest, daß die Sonne das Aufplatzen der Rinde in Längsrissen bewirke. Als Beweis führt er an, daß die Risse sich immer nur auf der Südseite der Bäume finden und daß Birnenstämme, welche er zwei Fuß hoch auf der Südseite mit Stroh bedeckte, unversehrt blieben, während nicht bedeckte Stämme gegen Mitte März aufrissen, was auf verschiedenen Grundstücken beobachtet worden ist.

Der richtige Grund dieser Erscheinung dürfte in der Combination beider Ursachen zu finden sein. Wenn man sich erinnert, daß Bäume, die vom Frost gelitten, äußerlich keine Beschädigung zeigen und im Frühjahr auch austreiben, aber allmählich schwarze Flecke bekommen und nach 1—2 Jahren doch absterben, so dürfte hier ein Anhalt für die Erklärung der Rindenrisse liegen. Die Frostbeschädigung beruht im obigen Falle auf einer theilweisen Tödtung oder Abhebung der Rinde vom Holze und erscheint im Stammquerschnitt als schwarzer, mehr oder minder geschlossener Ring. Solche todte Stellen heben die radiale Wasserleitung aus den Holzelementen nach dem Rindenkörper auf; derselbe vertrocknet, wenn eine starke Frühjahrssonne die Verdunstung übermäßig steigert und platzt in Folge dessen. Dieser Vorgang wird um so eher stattfinden, je zarter die Obstsorte an und für sich ist, je weniger der Holzkörper reif, je länger der Baum im Herbst in Vegetation geblieben, je üppiger

1) On the influence of electric light upon vegetation etc., cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 815.

2) „Bewirkt die Sonne Risse in Rinde und Holz der Bäume" ref. v. Caspary in der „Botanischen Zeitung" 1857, Nr. 10.

seine Entfaltung gewesen und je weniger Schutz durch Korkbekleidung er gegen plötzliche Erwärmung und übermäßige Verdunstung hatte. Somit kann eine Strohbedeckung als Schutzmittel gelten und hiermit finden auch die folgenden Beobachtungen de Jonghe's ihre Erklärung. Hochstämme zeigten nämlich die Erscheinung wenig, dagegen aber die von unten an mit Zweigen besetzten Pyramiden; nachdem Letztere jedoch ihrer unteren Aeste beraubt, der Stamm somit für Luft und Licht das ganze Jahr hindurch zugänglicher war, blieben auch hier die Risse fort. Ferner zeigten Sämlinge, die im Allgemeinen robuster sind, die Risse nicht und sehr selten diejenigen Veredlungen, bei denen der Stamm aus Wildling gezogen war. Endlich erwiesen sich auch diejenigen Birnensorten meist verschont, welche durch Veredlung auf Quitte ein langsameres Wachsthum und zwergigeren Wuchs erhalten hatten.

Aehnliche Beobachtungen an Birnen sind in neuerer Zeit aus Amerika[1]) bekannt geworden. Die Krankheitserscheinung ist dort unter dem Namen „Feuerbrand" bekannt und äußert sich in der Weise, daß Außenrinde und Blätter wie durch Feuer versengt erscheinen. Der Splint ist braun und zu klumpigen Massen ohne erkennbare Zellenstruktur zusammengetrocknet. Versuche mit Birnenzweigen, welche 20 Minuten lang einer Hitze von 108° Fahrenheit ausgesetzt wurden, ergaben, daß die Splintzellen zerrissen, der Saft ausgeflossen, in die Hohlräume der Rinde getreten und dort durch Vertrocknen zu braunen Massen erhärtet war.

Besonders reichlich sind die Angaben über Sonnenbrand bei Waldbäumen. Erwähnt finden sich derartige Erscheinungen schon im Capitel „Rindentrockniß" (S. 174). Abbildungen geben Hartig[2]) und Nördlinger.[3])

Es ist hierbei zunächst zu bemerken, daß „Sonnenrisse" und „Sonnenbrand" wohl auseinander zu halten sind. Analog dem Frostriß und Frostbrand wird der Riß als einfache Gewebetrennung in Folge plötzlicher Spannungsdifferenzen sich dadurch charakterisiren, daß die Ursache nicht so stark wirkt, um den Zellinhalt der nicht direkt den Riß begrenzenden Gewebe zum Absterben zu bringen. Es wird mithin eine größere Fläche todten Gewebes nirgends bemerkbar und die Ueberwallung erfolgt schon im ersten Jahre, da die Wundränder nach Aufhören der Spannungsdifferenz einander berühren und die Wundgewebe sofort mit einander in Verbindung kommen.

Bei dem Sonnenbrand sterben breite Rindenpartien durch die Ueberhitzung entweder in Platten, oder in langen Streifen ab. Unter der vertrocknenden, sich allmählich ablösenden Rinde bleibt der Holzkörper den Atmosphärilien ausgesetzt, und in Folge dessen ist der Eintritt von Weiß- oder Rothfäule, sowie

[1]) Brainerd: Dreißigster Jahresbericht der Staatsackerbaubehörde von Ohio. Columbus 1876, S. 647.

[2]) Lehrbuch der Baumkrankheiten, S. 188.

[3]) Lehrbuch des Forstschutzes 1884, S. 332.

anderer nekrotischer Erscheinungen des Holzkörpers keine Seltenheit. Die Ueberwallung dauert viele Jahre. Dieser Fall ist von den oben erwähnten Autoren abgebildet.

Bei dem Mangel experimenteller Beweise vertrete ich vorläufig die Ansicht, daß ein Absterben größerer Rindenpartien in Folge übermäßiger Erhitzung, also „Sonnenbrand" wohl zuzugeben ist. Die Messungen von Vonhausen[1]) lassen schließen, daß sehr hohe Temperaturen im Stamme sich entwickeln können. Aber ich glaube nicht, daß „Sonnenrisse", wobei also nur die mechanische Wirkung der Spannungsdifferenzen in Betracht kommt, durch die Sonne in den Sommermonaten entstehen können, sondern daß solche große, das Aufreißen bedingende Spannungsdifferenzen nur im Frühjahr eintreten, wobei eine Spätfrostwirkung die erste Veranlassung geben mag. Constatirt doch Nördlinger[2]) auch Fälle, bei denen sogenannter Sonnenbrand auf der von der Sonne abgekehrten Seite vorgekommen ist.

Vielleicht werden spätere Untersuchungen einen Unterschied zwischen Sonnen- und Frostschaden darauf basiren können, daß die Frostbeschädigung mehr am Anfang der Jahresringbildung, der Sonnenbrand in der Mitte oder gegen Abschluß des Jahresringes entstehen müssen. Nördlinger[3]) unterscheidet auch noch einen „Wintersonnenbrand", bei welchem sich die Beschädigungen an den dem Boden zunächst liegenden Stammtheilen zeigt. Hier wird der Reflex der Sonnenstrahlen von der Bodenfläche oder andern stark reflectirenden Gegenständen als Ursache angenommen.

Je nach den lokal abweichenden Verhältnissen wird sich der durch Ueberhitzung hervorgebrachte Rindenbrand umgehen lassen durch Vermeidung plötzlicher Freistellung von Bäumen, durch Belassung einer Rasennarbe, welche die Bodenreflexion mindert, durch Vorpflanzungen oder bei Obstbäumen auch durch Schutzvorrichtungen an den einzelnen Stämmen auf der Sonnenseite u. dgl. mehr.

Um Mißverständnissen vorzubeugen, sei schließlich noch einmal erwähnt, daß auch ohne Frostwirkung die Entstehung von Rissen, also mechanischen Zerklüftungen ohne von derselben Ursache herrührende, chemische Zersetzung größerer Gewebepartien sicherlich stattfinden kann. Nur sind solche Risse nicht als direkte Folge von Ueberhitzung durch Sonnenwärme, sondern als Enderscheinungen großer Trockenperioden aufzufassen: „Trockenrisse". Unschwer zu beobachten sind Trockenrisse bei kernfaulen Bäumen im Mark und daranstoßenden Holzlagen. Allmählich zunderartig werdendes Holz saugt sich bekanntlich ungemein voll mit mechanisch eingelagertem Wasser, welches aber auch ebenso schnell wieder abgegeben wird. In vermorschtem Holze entstehen also leicht

---

1) Forst- und Jagdzeitung 1873, S. 12.

2) a. a. O., S. 332.

3) Baumphysiologische Bedeutung des kalten Winters 79/80. Illustrirte Gartenz. 1881.

große Differenzen im Wassergehalt, die zum Reißen der Gewebe führen. Hier sind es hauptsächlich radiale Risse, während bei Frostrissen meist die umgekehrte T-Form vorherrscht, also ein tangentialer Riß die Basis für den radialen ist. Solche Radialrisse durch Trockenheit, zu denen wohl auch die „cadranure“ (Zifferblattrisse) der Franzosen zu zählen sein möchten, sind, weil nachträglich im alten Holze entstanden, durch den Mangel von Ueberwallungsrändern kenntlich.

Rautenförmige, kurze Risse im gesunden Holze jüngerer Jahresringe beobachtete Nördlinger bei Fichte und Lärche. Auch sie weisen keine Ueberwallungsränder, sondern eine Einbuchtung des Holzringes auf, so daß man auch hier durch Trockenheit hervorgerufene, nachträgliche Störungen des fertigen Holzringes ohne wesentliche Cambiumverletzung annehmen kann. Wenn solche Risse im allerjüngsten Holze angetroffen wurden, sah Nördlinger[1]) im darauf folgenden Sommer einen verstärkenden Vorsprung, der sich oftmals auch in den nachfolgenden Jahren wiederholte, entstehen. Eine von demselben Autor citirte Angabe von Reum, daß mitten im Sommer bei großer Hitze Stämme von Sumach und Weymouthskiefer unter lautem Knall gradeso wie unsere Waldbäume im Winter bei großer Kälte zerklüften sollen, hat bisher keine Bestätigung erfahren.

Näher zu untersuchen bleibt auch eine Angabe von Heß[2]), wonach der junge Nachwuchs in der unmittelbaren Umgebung glattrindiger, sehr vereinzelt stehender Mutterbäume durch übermäßige Sonnenhitze zu Grunde gehen soll. Die Stämme astreiner, isolirter Bäume mit Spiegelrinde (Rothbuche, Hainbuche, Birke, Weißtanne und selbst Fichte) sollen durch Reflexion der Sonnenstrahlen gegen den Boden den erwähnten Verlust hervorbringen. Ich möchte glauben, daß es lediglich der Wassermangel ist, welcher so exponirte Sämlinge tödtet; da dieselben dem Austrocknen durch Wind und Sonne ebenso wie die ganz frei stehenden Exemplare ausgesetzt sind, aber eine geringere Bodenfeuchtigkeit als jene haben, weil der überstehende Baumschirm, namentlich bei schwachen Regen, zu wenig Wasser hindurch läßt.

3. Lichtmangel.

Die Krankheit, welche durch mangelhafte Beleuchtung oder gänzliches Fehlen derselben hervorgerufen wird, heißt das Verspillern (étiolement). Die einzelnen Stengelglieder der Mehrzahl der grünen Pflanzen werden ungemein lang und schwach. Die Blätter werden je nach der Pflanzenart, der sie angehören, entweder ebenso wie die Stengelinternodien sehr lang, schmal und

---

[1]) Trockenrisse (falsche Frostrisse) an der Fichte. Auch ein Grund der Rothfäule. Centralbl. f. d. gesammte Forstwesen v. Hempel 1878, S. 281.

[2]) Forstschutz von Heß. Leipzig 1878.

schlaff, oder aber bilden sich überhaupt nur sehr wenig aus und bleiben ihr ganzes Leben hindurch in einem ähnlichen Zustande, wie sie in der Knospe gewesen. Zur annähernden Erklärung dieses Zustandes ist es nöthig, auf die Arbeit des Lichtes im Allgemeinen den Blick zu lenken und dabei sich zu erinnern, daß zwei wesentlich verschiedene Prozesse im Pflanzenkörper vor sich gehen: der Prozeß des Aufbauens d. h. der Neubildung und Ausbildung der Zellen nach einem angeerbten Gesetze und der Prozeß der Beschaffung der organischen Bausubstanz aus den mineralischen Bodenbestandtheilen, dem Wasser und der Kohlensäure der Luft. Beide Prozesse müssen ungehindert stetig neben einander vor sich gehen, wenn eine Pflanze dauernd sich normal entwickeln soll.

Es frägt sich nun, in wie weit beide Vorgänge vom Lichte abhängig sind? Wenn ein Samenkorn, eine Zwiebel oder Kartoffelknolle in feuchter Erde liegen, wo sie vom Lichte abgeschlossen sind, so treiben dieselben nach einer bestimmten Zeit mehr Stengel und Blätter als bisher angelegt gewesen. Es haben sich mithin Zellen gebildet und auch ausgebildet, und daraus möchte man schließen, daß der Prozeß der Neubildung von Zellen vom Lichte unabhängig ist. Das Baumaterial, aus dem die neugebildeten Zellen entstanden sind, findet sich bei Samen im Sameneiweiß oder den Cotyledonen gespeichert, bei Knollen und Zwiebeln fast im ganzen Gewebe dieser Organe.

Solches reservirte Baumaterial verschwindet in dem Grade, als neue Pflanzentheile sich entwickeln. Ist die Reservenahrung aufgezehrt und die Pflanze künstlich immer noch dem Lichte entzogen, so sieht man die erstgebildeten Blätter schlaff werden und von der Spitze her verwelken, während sich an der Stengelspitze noch kümmerlich einige neue Blätter bilden, bis endlich ein gänzlicher Stillstand eintritt. Wird eine solche Pflanze bei etwa 110° C. getrocknet, um das sämmtliche Wasser zu entfernen, so findet man nicht mehr Trockensubstanz als das unentwickelte Samenkorn oder die nicht ausgetriebene Knolle enthielten. Dies zeigt, daß bei dem ganzen Entwicklungsprozesse keine neue organische Substanz gebildet worden, sondern daß nur die schon vorhanden gewesenen Stoffe ihre Form gewechselt haben. Durch diesen Stoffwechsel ist ein Theil des Materials, das früher als Zellinhalt gespeichert, zu Zellstoff der Zellwandung geworden. Während es also der Pflanze möglich ist, den Stoffwechsel ohne Lichtmitwirkung zu erhalten, ist es ihr dagegen nicht gegeben, im Finstern neue organische Substanz zu bilden. Das Licht ist somit das Agens, welches durch seine Umsetzung in chemische Anziehung in der chlorophyllhaltigen Zelle von der aufgenommenen, höchstoxydirten Kohlenstoffverbindung, von der Kohlensäure der Luft, einen Theil des Sauerstoffes abzuspalten und den sauerstoffärmeren Theil in organische Verbindungen überzuführen vermag. Der abgespaltene Sauerstoff entweicht in die Luft.

Wir haben in der Sauerstoffabgabe der grünen Pflanze das Zeichen, daß neue Pflanzensubstanz gebildet wird gegenüber der Sauerstoffaufnahme und Aus-

hauchung von Kohlensäure bei den Stoffwechselvorgängen. Immer ist der die Erzeugung neuer organischer Substanz anzeigende Desoxydationsprozeß an die chlorophyllhaltige Zelle gebunden, und da in den Chlorophyllkörnern in der Mehrzahl der Fälle sich bei Beleuchtung Stärke bildet, die bei Lichtabschluß wieder verschwindet, so nimmt man an, daß das Chlorophyllkorn das Organ sei, welches vorzugsweise in der Bildung neuer Pflanzensubstanz seine Arbeit hat. Bevor dieselbe aber beginnen kann, muß das weiße Licht, oder wenigstens ein Theil desselben, sich erst das Werkzeug dazu, das Chlorophyllkorn selbst, ausbilden,[1]) dessen erste Anfänge meist als rundliche oder längliche, dichte, farblose Protoplasmamassen (Autoplasten[2]), der zähen, sich bewegenden, hautartigen, der Zellwand dicht anliegenden, inneren Auskleidung der wachsenden Zelle eingebettet erscheinen. Erst wenn das Licht die Zelle trifft, färben sich bei genügender Intensität die Körner, durch den nun entstehenden Chlorophyllfarbstoff grün.[3]) Auch auf den Gestaltungsprozeß der Chlorophyllkörner übt das Licht einen Einfluß.[4]) Nur ein Theil der Strahlen, welche im weißen Licht sich vereinigt finden, bedingt das Ergrünen der Chlorophyllkörner. Zu diesem Resultate ist man dadurch gekommen, daß man das weiße Licht durch ein Prisma zerlegt und das Verhalten der Vegetation in den einzelnen Regenbogenfarben studirt hat. Oder man hat das Sonnenlicht durch Flüssigkeiten gehen lassen, welche einen Theil des Spektrums absorbiren und hat nur die durchgehenden Strahlen als Lichtquelle benutzt. Als solche absorbirende Mittel verwendet man jetzt meist eine Lösung von doppelt chromsaurem Kali, welches einen Theil des Grün, des Blau, Violett und die nicht mehr sichtbaren Strahlen des Ultraviolett verschluckt und von den Regenbogenfarben nur die

---

[1]) Eine Ausnahme erscheint bei Farnkräutern und Nadelhölzern. In genügender Wärme wurde bei Letzteren in den Cotyledonen, bei Ersteren in den Laubblättern das Ergrünen des Chlorophyllkorns in tiefer Finsterniß beobachtet. (Sachs: Lehrbuch der Bot., III. Aufl., S. 652.)

[2]) Wir acceptiren den Namen „Autoplasten" den Arthur Meyer (Bot. Z. 1883, Nr. 30) für die Bezeichnung der Chlorophyllkörner eingeführt hat. Sie bilden eine Form der schon in den jugendlichen Zellen nachweisbaren Plasmagebilde (Trophoplasten, Nahrungserzeuger nach A. Meyer, Plastiden nach Schimper). Je nach der späteren Ausbildung zerfallen die Trophoplasten in solche, welche direkt aus anorganischem Material das organische herstellen (die Autoplasten) und in solche, die nur im Stande sind, bereits gegebene Assimilationsprodukte umzubilden (Anaplasten, Stärkebildner). Die Farbstoffkörper endlich werden als Chromoplasten bezeichnet; sie nehmen oft Spindelform an, was auf die Krystallisation des in ihnen dann vorhandenen Xanthophylls zurückgeführt wird.

[3]) Mulder stellte den Satz auf und Rauwenhoff hebt denselben am Schluß seiner Versuche (Bot. Zeit. 1858, S. 750) wieder hervor, daß die Pflanzen schon Sauerstoff entwickeln, indem sie ergrünen, nicht weil sie grün sind. Dadurch wird der Chlorophyllbildungsprozeß als Desoxydationsvorgang hingestellt.

[4]) Sachs: Ueber den Einfluß des Lichtes auf die Bildung des Amylum's in den Chlorophyllkörnern. Bot. Zeit. 1862, S. 366.

minder brechbaren Strahlen des Roth, Orange, Gelb und etwas Grün durchläßt. Als zweite Lösung bedient man sich des Kupferoxydammoniaks, welches die Strahlen durchläßt, die die erstere Lösung verschluckt. Dadurch gelingt es, mit den beiden im weißen Licht vereinigten Hälften des Spektrums gesondert zu arbeiten, und diesen Arbeiten verdankt man das Resultat, daß es grade die minder brechbaren Strahlen des Roth, Orange, Gelb und Grün sind, welche das Ergrünen der Chlorophyllkörner hervorrufen und welche den eigentlichen Assimilationsprozeß bedingen. Und zwar ist dieser Zersetzungprozeß der Kohlensäure um so lebhafter, je heller und intensiver das Licht unserem Auge erscheint,[1]) (Gelb leistet am meisten) wogegen die Strahlen, welche man die chemischen nennt, nämlich die stark brechbaren blauen, violetten und ultravioletten, die auf das Chlorsilber so energisch einwirken, auf den chemischen Prozeß der Assimilation in der Pflanze nur geringe Wirkung ausüben, also nur geringe Mengen von Stärke zu bilden im Stande sind.[2]) Durch rothes Licht allein kann bei manchen Pflanzen, wie es scheint, durch übermäßige Steigerung des Assimilationsprozesses im Verhältniß zu den anderen Vorgängen in der Zelle, sogar der Tod hervorgebracht werden. Wenigstens sprechen dafür die Untersuchungen von Borskow[3]) an einer Alge (Spirogyra). Zuerst wird nämlich die Stärkebildung außerordentlich gesteigert; später bilden sich sehr reichlich neue Zellen, wobei aber der Chlorophyllkörper zerstört, die Bewegung des farblosen Protoplasma aufgehoben und dasselbe endlich ebenfalls zerstört wird. Die Zelle ist abgestorben.

Den blauen und violetten Strahlen fällt eine andere Arbeit in der Zelle zu, deren Bedeutung für das Gesammtleben jetzt noch nicht erkannt, deren Zustandekommen aber durch eine dem Auge wahrnehmbare Erscheinung angezeigt wird. Diese Arbeit besteht in einer Bewegung der inneren, wasserreichsten Schicht jener oben erwähnten Plasmaauskleidung der Zelle, in welcher die sich mitbewegenden Chlorophyllkörner eingebettet liegen.[4]) Das Protoplasma und die Chlorophyllkörner sind bei normalen Vegetationsverhältnissen in der ausgebildeten Zelle derart gelagert, daß diejenigen Stellen der Zellwand, welche nicht unmittelbar an andere Zellen anstoßen, also entweder an die freien Oberflächenseiten oder an Zwischenzellräume grenzen, am reichlichsten davon bedeckt sind. Bei abnormen Lebensbedingungen, wie behinderter Athmung, geschwächtem Druck des Zellsaftes gegen die Zellwand, niederen Wärmegraden und längerer

[1]) Pfeffer: Die Wirkung der Spektralfarben auf die Kohlensäurezersetzung in Pflanzen. Bot. Zeit. 1872, S. 425 und Annalen der Physik 2c. v. Poggendorff 1873, Nr. 1, S. 97.

[2]) Kraus in Pringsheim's Jahrbüchern für wissenschaftliche Botanik. Bd. VII, Heft 4, S. 527.

[3]) Mélanges biologiques d. Bull. de l'Acad. de Petersbourg, cit. in Bot. Zeit. 1868, S. 669.

[4]) Frank im Jahrb. für wissenschaftl. Bot., VIII, S. 246, cit. in Sachs: Handbuch der Bot., III. Aufl., S. 658.

Entziehung von Licht, finden sich dagegen die Chlorophyllkörner an denjenigen Wänden der Zelle, welche direkt mit anderen in Verbindung stehen, also an den senkrecht zur Längsachse des Blattes stehenden Wandungen. Vorausgesetzt ist dabei ein nicht zu hohes Alter der Zelle und eine ziemliche Weite des Zellraumes, welche dem Inhalt mit Leichtigkeit solche Lagenveränderung gestattet. Diese beiden Lagerungsverhältnisse der Chlorophyllkörner treten nun regelmäßig bei den Pflanzen ein und zwar ist die letzterwähnte Stellung bei Nacht (Nachtstellung), die erstere am Tage zu beobachten (Tagstellung). Der Uebergang von der Nacht- in die Tagstellung erfolgt ziemlich rasch. Bei einem Moose (Mnium) fand Famintzin [1]) die Veränderung innerhalb einer Stunde vollzogen. Das Hinüberkriechen der einzelnen Chlorophyllkörner an die parallel mit der Längsachse des Blattes gerichteten Wandungen fing schon wenige Minuten nach Beginn der Beleuchtung an.

Neben dieser schon länger bekannten Erscheinung wurde aber später auch in der Tagstellung des Chlorophylls selbst noch ein Unterschied gefunden. Böhm [2]) beobachtete an sehr zahlreichen Arten von Fettpflanzen, welche in ein warmes Gewächshaus hineingebracht worden waren, dessen Fenster sich nach Süden öffneten, daß sämmtliche Chlorophyllkörner um die Mittagszeit stets an irgend einer Stelle der Zellwand anliegend zu einer Gruppe vereinigt waren. Im Freien vermißte er diese Lagerung. Gesteigerte Temperatur durch Zuführung von Ofenwärme war ohne Resultat. Für eine Anzahl anderer Pflanzen wies Frank denselben Vorgang nach und zog daraus den Schluß [3]), daß allgemein die von festen Zellwänden eingeschlossenen Chlorophyllkörner im Bereiche ihrer natürlichen Lagerstätte eine Ortsveränderung erleiden können, und zwar erfolgt dieses Wandern nach demjenigen Punkte in der Zelle hin, welcher bei einseitiger Beleuchtung am stärksten beleuchtet ist. [4])

Dabei ist es nicht immer nöthig, daß direktes Sonnenlicht auf die Pflanze falle; auch diffuses Tageslicht vermag schon einen Einfluß auszuüben; rothes Licht allein aber wirkt fast wie Dunkelheit, und namentlich bei älteren Zellen übt es gar keinen Einfluß aus.

---

[1]) Die Wirkung des Lichtes und der Dunkelheit auf die Vertheilung der Chlorophyllkörner &c. in Pringsheim's Jahrb. f. wissenschaftl. Bot., Bd. VI, Heft I, S. 49.

[2]) Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch. 1858, Bd. 22, S. 511 u. 1859, Bd. 37, cit. in Famintzin's oben erwähnter Arbeit.

[3]) Ueber lichtwärts sich bewegende Chlorophyllkörner. Bot. Zeit. 1871, S. 215.

[4]) Auch die Stärke kann durch das Plasma hervorgerufene Lagerungsveränderungen eingehen. Bei der Keimung von nicht sehr stärkereichen Kartoffeln beobachtete ich in einzelnen Rindenzellen ein Zusammentreten der früher an der Zellwandung vertheilten Stärkekörnchen nach der Mitte in der Weise, daß die durch beginnende Auflösung meist stark ellipsoidisch bis spindelförmig gewordenen, zu einem Haufen im Innern zusammengezogenen Körner mit dem einen zugespitzten Ende nach einem gemeinschaftlichen Centralpunkte hingerichtet waren, so daß dadurch ein vielstrahliger Stern entstand.

Die Verschiedenheit des Verhaltens der einzelnen Zellen zum Lichte je nach ihrem Alter ist auch auf die ganze Pflanze zu übertragen; mehr aber, als Alter und Ausbildung ist die Individualität der Pflanze von bestimmendem Einfluß. Wir sehen dies schon daraus, daß Schattenpflanzen an einem Standort sehr gut gedeihen, während andere in denselben Verhältnissen verspillern.

Das Lichtbedürfniß ist eben bei verschiedenen Pflanzen verschieden; ein Licht von bestimmter Intensität wird für eine Pflanzenart ungenügend, für eine andere dagegen sehr günstig sein, für eine dritte Pflanzenart aber kann es gradezu viel zu stark sein und auf die Letztere dann ähnlich wie zu schwaches Licht wirken. Für letzteren Fall sprechen Beobachtungen von Borodin und Sachs[1]), nach denen gewisse Blätter bei intensiver Sonnenbeleuchtung hellgrün werden und an den zufällig beschatteten Stellen dunkler grün erscheinen. Die Chlorophyllkörner nehmen bei dieser starken Beleuchtung eine der Nachtstellung ähnliche Lagerung an den Seitenwänden der Zelle ein.

Endlich muß für den vorliegenden Zweck noch einer weiteren, experimentell festgestellten Arbeit des Lichtes und speziell wiederum des blauen Lichtes gedacht werden. Es zeigt sich nämlich, daß das Längenwachsthum der Zellmembranen durch das Licht verlangsamt wird, daß somit die beleuchtete Seite eines Pflanzentheils bei einer großen Anzahl von Gewächsen sich weniger schnell verlängert, als die beschattete Seite. Die unmittelbare Folge davon ist, daß die beleuchtete Seite z. B. von einem Stengel sich concav gegen das Licht krümmen muß. Dieser Vorgang ist als positiver Heliotropismus bezeichnet worden im Gegensatz zu wenigen Ausnahmen an den Spitzen einiger Luftwurzeln (von Orchideen und Aroideen) und einiger Keimwurzeln (von Cruciferen und Cichoraceen) sowie an den älteren Theilen mancher Ranken (Wein, wilder Wein) und den Stengelgliedern einzelner Pflanzen (spanische Kresse [Tropaeolum] und Epheu), welche ein entgegengesetztes Verhalten zum Licht, also negativen Heliotropismus zeigen. Die Stengelglieder der letztgenannten beiden Pflanzen sind in der Jugend positiv, im Alter negativ heliotropisch.[2]) Die Ursache letzterer Erscheinung ist noch nicht bekannt; aber es läßt sich vermuthen, daß bei diesen, fast sämmtlich schattenliebenden Pflanzen oder Pflanzentheilen die gewöhnliche Sonnenbeleuchtung zu stark für den Verkürzungsprozeß der Zellwand ist. Das Optimum, d. h. die günstigste Beleuchtung für diesen Prozeß bei den angeführten Pflanzentheilen liegt unter der gewöhnlich zugeführten Lichtmenge, welche somit nicht im Stande ist, den Verkürzungsprozeß in solcher Intensität hervorzurufen, wie die dem Optimum viel näher liegende, schwache Beleuchtung durch diffuses Licht auf der Schattenseite.

---

[1]) Sachs: Lehrbuch d. Bot., III. Aufl., S. 658.
[2]) Sachs: Experimentalphysiologie, S. 41.

Mit der Erwähnung des Heliotropismus, durch den die Pflanze ihre Assimilationsheerde, die Blätter, derart zur Sonne stellen kann, daß die Strahlen möglichst senkrecht auf die Oberfläche fallen, kann die Betrachtung der mannigfachen Arbeit des Lichtes geschlossen werden. Es ergiebt sich nun von selbst, welche Funktionen des Pflanzenkörpers unterbleiben, wenn das Licht fehlt, und es handelt sich nur noch darum, die Erscheinungen genauer kennen zu lernen, durch welche der Lichtmangel an den verschiedenen Pflanzen zum Ausdruck gelangt.

Mit Kraus[1]) wiederholen wir die oben bereits kurz erwähnten Formveränderungen. Bei den meisten dicotylen Pflanzen bleiben die Blätter (deren Wachsthum, wie das der Stengelglieder, zwar auch durch das Licht verzögert wird) im Finstern ganz klein und schuppenförmig; dagegen werden die Stengelglieder häufig übermäßig lang. Die Blüthen entwickeln sich, mit einigen Ausnahmen, im Dunkeln so vollkommen, wie im Licht und zwar in derselben Farbenintensität, sobald die für die Bildung ihrer Nahrung nothwendigen Blattorgane im Licht verweilen. Die Blätter der Monocotyledonen werden bei Lichtmangel sehr lang auf Kosten der Breite; sie sind darin den Stengelgliedern der Dicotyledonen ähnlich, welche übrigens je nach der spezifischen Natur der Pflanze bald kaum merklich, bald außerordentlich auffällig sich bei Lichtmangel strecken. Nach Kraus erscheint hierbei die Gewebespannung maßgebend, welche bei verspillerten Pflanzen geringer ist, so daß Stengelglieder, die überhaupt nur eine geringe Spannung besitzen (Kürbis), im Finstern und im Licht fast gleich lang sind.[2])

---

[1]) Ueber die Ursachen der Formveränderungen etiolirender Pflanzen. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot., Bd. VII, Heft 1 u. 2. S. 209 ff.

[2]) Für die Erklärung aller dieser Erscheinungen liegt die Vermuthung am nächsten, daß, da das Licht die organischen Baustoffe erzeugt, die Pflanzen im Finstern überhaupt nur so lange werden wachsen können, als noch solche von einer früheren Vegetationsepoche assimilirte Pflanzensubstanz vorhanden ist. Dafür sprechen die Beobachtungen, daß die ersten Blätter der austreibenden Georginenknollen, wie Sachs hervorhebt, bei denen reichliche Reservenahrung in den knolligen Wurzeln vorhanden, oft die Größe der normalen Blätter erreichen. Obiger Umstand kann jedoch nur theilweis als Grund angesehen werden; denn Kraus fand in verspillerten Stengeln so reichlich Stärke und Zucker, wie in normalen. Blätter, welche bereits Stärke gebildet hatten, hörten nach 2—4 Tagen zu wachsen auf, trotzdem noch Stärke vorhanden war; ebenso blieben Cotyledonen, welche noch reichliche Reservenahrung in Form von Stärke oder Oel besaßen, nach längerem Aufenthalt im Finstern im Wachsthum zurück. Wenn man junge Stengelblätter zur Hälfte in schwarzes Papier einnäht, so vergrößert sich die beleuchtete Blattfläche um mehr als das Doppelte und bildet reichlich Stärke, ohne daß dieser neugebildete Baustoff der verdunkelten Hälfte nutzbar würde; diese bleibt vielmehr klein und bildet keine Stärke. Man sieht hieraus, daß in einem Organ noch reichlich Stärke vorhanden sein kann und daß trotzdem die Zellen im Dunkeln doch nur sehr wenig wachsen. Dies führt zu der Annahme, daß neben der Bildung von plastischem Baumaterial in Form von Stärke auch dem Licht noch eine andere Arbeit zugeschrieben werden muß.

Diese Arbeit suchen wir in der Bildung des Cellulosemicells, ohne auf die Mög-

Die verschiedenartige Ausbildung der Blätter von verspillerten Pflanzen wird erklärt durch den Umstand, daß das Blatt sich selbst großentheils ernähren muß und das Cellulosematerial, welches es zur Neubildung und Ausbildung der Blattzellen braucht, sich nur durch die Einwirkung des Lichtes an Ort und Stelle bilden kann. Wenn die Ernährung unterbleibt, so werden sich die gleich bei der Anlage gebildeten Blattzellen durch Wasseraufnahme strecken und das Blatt sich dadurch etwas vergrößern können; aber jedes weitere Wachsthum, das auf Zellenvermehrung beruht, wird unmöglich sein. Die neuen Zellen entstehen in denjenigen, welche die Blattrippen zunächst umgeben. Je mehr ein Blatt in seiner späteren Vergrößerung am Licht auf die Zellenvermehrung angewiesen, um so kleiner wird es bei Lichtabschluß bleiben. Es wird sich ferner um so weniger entwickeln, je weniger Zellen ursprünglich als Blattanlage an

---

lichkeit einzugehen, wie ein solches Micell entsteht. Es ist für den vorliegenden Fall gleichgültig, ob man sich dasselbe aus dem Protoplasma direkt gebildet oder aus der Stärke durch Einwirkung eines im Licht entstehenden andern Körpers hervorgegangen denkt, etwa ähnlich wie durch Einwirkung eines dritten Körpers die Stärke in Zucker übergeführt werden kann.

Dieser Annahme einer Bildung des Cellulosemicells unter direkter oder indirekter Betheiligung des Lichtes scheint die Thatsache gegenüber zu stehen, daß die Zellen im Innern dicker Stämme auch Cellulose zur Verdickung ihrer Wandungen verwenden. Wenn man aber berücksichtigt, daß die im Blatt ausschließlich erzeugte Stärke tief in den Stamm hineinwandert und zur Winterzeit in den Markstrahlen abgelagert wird, so wird man einen solchen Prozeß für das Cellulosemicell oder für den zur Umwandlung der Stärke in Cellulose den Anstoß gebenden Stoff ebenfalls annehmen können. Es kommt eben nur das im beleuchteten Theil entstandene Molekül im Innern des Pflanzentheils zur Verwendung.

Daß nicht Mangel an stickstoffhaltiger Substanz, die wir im Protoplasma repräsentirt sehen, das Wachsthum verspillernder Pflanzen endlich sistirt, ergiebt sich aus den Untersuchungen von Karsten*), der gefunden hat, daß verspillerte Pflanzen mehr stickstoffhaltige Bestandtheile, aber weniger Kohlenhydrate besitzen und der zu dem Schusse gelangt, daß das Licht die Bildung der Kohlenhydratmicellen aus dem Protoplasma bedingt. Daß das Licht zur Bildung der Kohlenhydratform, welche die Zellwände bildet, wenn wir nicht direkt Cellulose sagen wollen, sehr geringe Intensität zu haben braucht, geht aus den Versuchen von Batalin**) hervor. Derselbe wies im Verhältniß zu den ganz im Dunkeln gezogenen Exemplaren ein bedeutendes Blattwachsthum bei solchen Keimpflanzen nach, welche zwischen ihrer Verdunklungszeit nur 1—3 Stunden dem schwachen diffusen Tageslichte ausgesetzt gewesen waren. Das Licht war so gering, daß die Pflanzen nicht ergrünten, daß mithin auch die erst bei intensiverer Beleuchtung***) auftretende Stärkebildung unterblieb.

Wenn Stärke und Cellulose zu ihrer Bildung des Lichts bedürfen, so wird aus

---

*) Stöckhardt: Chemischer Ackersmann 1871, Nr. 2, S. 109.

**) Ueber die Wirkung des Lichtes auf die Entwicklung des Blattes. Bot. Zeit. 1871, S. 673.

***) Sachs: Ueber den Einfluß des Lichtes auf die Bildung des Amylums in den Chlorophyllkörnern. Bot. Zeit. 1862, S. 370.

der Stengelspitze sich bilden; ein stengelumfassendes Blatt wird sich darum mehr entwickeln können als ein quirlständiges, weil bei der Anlage des ersteren der ganze Stengelumfang thätig, bei Anlage des zweiten sich die Zellen in gleicher Stammhöhe auf so viel Blätter vertheilen müssen, als der Quirl solche zählt. Ein dritter Punkt, der auf die Ausbildung des Blattes auch im Finstern von Einfluß sein muß, ist die Entfernung der Blattanlage von der Reservestoffquelle. Die erst entstehenden, der Quelle zunächst liegenden, schöpfen reichlicher aus dem Vorrath des Reservestoffbehälters, werden daher größer, als die später, am verspillerten Stengel höher hinauf entstehenden Blätter. Es wird somit die Entwicklung des verspillerten Blattes von der individuellen Anlage und von dem in unmittelbarer Nähe befindlichen Nährstoffmaterial abhängig sein.

Die Anlage der Monocotyledonenblätter erfolgt in der Mehrzahl der Fälle als stengelumfassender Wulst unter dem Vegetationskegel und zwar dort, wo Reservestoffbehälter vorhanden sind, in unmittelbarer Nähe dieser Behälter, aus denen das gelöste Baumaterial nur kurze Wege durch die verkürzte Achse zu machen hat.

Mangel an Material auch die Bildung neuer Zellwände, sowie die Ausbildung neuer Zellen bei Lichtmangel unterbleiben oder nur so lange währen, als noch Cellulosemicellen oder Stoffe, die zu deren Bildung nothwendig, vorräthig sind. Daraus erklärt sich die Erscheinung, daß nach vorangegangener Beleuchtung auch noch zahlreiche neue Zellwände gebildet werden können, daß sich Zellen vermehren können. Bei allen bis jetzt beobachteten Fällen wird aber die Neubildung von Zellen bei längerem Aufenthalt der Pflanze im Dunkeln allmählich sistirt. Daß wirklich in einem verspillerten Blatte weniger Zellen als in einem unter Licht erwachsenen vorhanden sind, geht aus der von Kraus und Batalin übereinstimmend gefundenen Thatsache hervor, daß in normalen und verspillerten Pflanzen die Zellen durchschnittlich gleich groß sind; somit erfordert die bedeutendere Größe des normalen Blattes mehr Zellen.

Zur weiteren Erklärung ist oben gesagt worden, daß das Blatt sich großentheils selbst ernährt. Diese Ansicht stützt sich auf die Beobachtung von Kraus, daß das erste Auftreten von Stärke im jungen Blatt in den Theilen sich zeigt, welche von den Zuleitungsgeweben der jungen Gefäßbündel entfernt liegen, also in den oberen, ersten Blattzähnen, und erst später füllen sich die Zellen mit Stärke, welche dem Gefäßbündel näher liegen. Das plastische Material wird nicht zugeführt, sondern aus dem zugeführten Rohmaterial in den Zellen gebildet und zwar in den ältesten Zellen zuerst. Der Ueberschuß erst wird weiter rückwärts geleitet und kommt dem später gebildeten Blattgewebe zu Nutzen. Diese erstgebildeten Blatttheile sind manchmal besonders reich ausgestattet, um schnelle Arbeit leisten zu können und die Entwicklung des übrigen Blattes zu begünstigen, und ihre Hülfsapparate vergehen, wenn die eigentliche Blattfläche fertig ist und ihre Arbeit erst recht beginnt. So zeigen z. B. die Blattspitzen schnell und reichlich Haare und Zotten; hier finden sich bisweilen sehr große, fast immer sehr viele Spaltöffnungen und bisweilen hat die sonst spaltöffnungslose Oberseite an der Spitze doch Spaltöffnungen. Bei vielen Pflanzen vertrocknen die Blattspitzen und Blattzotten bald nach oder schon während der Ausbildung des Blattes.

Bei den Gräsern z. B. erfolgt die Ernährung der meisten Blattanlagen leicht, da dieselben zum Theil im Embryo schon reichlich vorgebildet, zum Theil bei ihrer späteren Anlage unmittelbar an der Reservestoffquelle (dem Sameneiweiß) bleiben und erst durch die sich später streckenden Internodien weiter entfernt werden. Ihre Anlage ist deßhalb eine aus sehr vielen Zellen gebildete, und wenn sich diese einmal gebildeten Zellen durch bloße Wasseraufnahme strecken, so wird das Blatt auch im Dunkeln eine bedeutende Länge erreichen können; es wird aber schmäler bleiben, als das normale. weil die durch eigne Blattthätigkeit erst mögliche Neubildung der Zellen zu beiden Seiten der Rippen, durch welche sich das Blatt verbreitert, unterbleibt. Bei netzadrigen Dicotyledonenblättern, bei denen die Neubildung von Zellen in der Nähe der nach der Längs- und Breitenausdehnung verlaufenden Nerven ebenfalls im Finstern unterbleibt, wird nach beiden Richtungen hin das Wachsthum auffällig sistirt und zwar in um so höherem Maße, einen je geringeren Theil vom ganzen Stengelumfang die Basis des Blattes einnimmt und je höher das Blatt am etiolirten Stengel steht, also je geringer die Zuleitung von dem entfernten Nahrungsheerde ist. Daraus erklärt sich, daß die Blätter der Dicotyledonen nach allen Dimensionen hin gleichmäßig kleiner werden.[1])

Nach den Erörterungen über die Verspillerungserscheinungen des Blattes bleibt die ungewöhnliche Streckung der etiolirten Stengelglieder zu erklären. Wir folgen hierin den Angaben von Kraus. In den Regel sind die verspillerten Stengel dünner als normale, was von einer geringeren Anzahl von Zellen herrührt, und diese mangelnde Thätigkeit im Cambium des Stengels wird ihre Erklärung in der Annahme finden, daß die vom Blatt erarbeiteten Nahrungsstoffe, die durch den Blattstiel in den Stengel eintreten, in radialer Richtung zunächst theilweis weiterwandern und das Cambium des Stengelinternodiums ernähren helfen. Fehlt diese Nahrungsquelle, d. h. ist das im Finstern schuppenförmig bleibende Blatt nicht im Stande, Material für die Zellvermehrung zu schaffen, so bleibt das Stengelglied ohne wesentlich neue Zellbildung. Aber auch die Verdickung der Zellwandungen wird unterbleiben. Im normalen Stengel verdicken sich die Parenchymzellen der Rinde und die Prosenchymzellen des Holzes während ihrer Längsstreckung. Die Markzellen

[1]) Der von Prantl angeführte Beweis, daß etiolirte Pflanzen ebensoviel Zellen im Blatte haben, als normale, beleuchtete, erscheint mir darum nicht zutreffend, weil die Berechnung an Primordialblättern vorgenommen worden ist. Diese, dem Reservestoffbehälter am nächsten stehenden Organe können mit Leichtigkeit die schon vorhandenen plastischen Zellwandstoffe verwenden und sich in der Finsterniß derartig vergrößern, daß sie, wie die Zahlen des Autors selbst zeigen, bisweilen breiter als an der beleuchteten Keimpflanze werden. Solche Blätter sind noch gar nicht etiolirt. (Vergl. Prantl: Ueber den Einfluß des Lichtes auf das Wachsthum der Blätter in „Arbeiten des Bot. Instituts zu Würzburg v. Sachs". Heft III, 1873, S. 384).

fangen aber erst an, sich zu verdicken, wenn ihre Streckung nahezu beendet ist, also am spätesten, da sie von dem aus dem Blatt in radialer Richtung nach dem Stamminneren wandernden Cellulosemicell erst dann erreicht werden, wenn dasselbe nicht mehr zur Verdickung der Holz- und Rindenzellen verbraucht wird. Im verspillerten Stengel ist aus Nahrungsmangel die Verdickung der Zellen nur angedeutet, so daß sie oft bei Zellen, welche zwischen den einzelnen Gefäßbündeln liegen und sich im normalen Zustande zu Holzzellen ausbilden, fast fehlt; daher findet man in etiolirten Pflanzen häufig nicht einmal einen geschlossenen Holzring. Was solchen Zellen an Verdickung abgeht, ersetzen sie durch größere Länge, welche die der normalen Zelle um das Zwei- bis Vielfache übersteigt. Diese Ueberverlängerung findet ihre Erklärung in den modifizirten Spannungsverhältnissen der Stengelglieder.

Wenn man von einem noch fortwachsenden Stengelgliede den Rindenkörper ablöst, verkürzt sich derselbe; der isolirte Markkörper dagegen verlängert sich bedeutend. Man sieht daraus, daß im Stengel das Mark eigentlich der streckende Faktor ist, während das übrige Gewebe der zurückhaltende Theil ist. Nur wenn der Stengel noch ganz jung, kann das Mark sein Ausdehnungsstreben befriedigen, weil die umgebenden Gewebe noch dünnwandig und sehr leicht dehnbar sind, also der Zugkraft, welche das Mark ausübt, leichter passiv folgen können. Allmählich aber verlischt die Dehnbarkeit der äußeren Gewebe gänzlich, und das längere Mark wird nun durch die elastischen, dickwandigen Rinden- und Holzelemente zurückgehalten. Im letzteren Entwicklungsstadium, kurz bevor das Stengelglied zu wachsen aufhört, gleicht sich der Unterschied in den Geweben wieder aus; denn nun wachsen die Markzellen mehr in die Breite als in die Länge in Folge des zurückziehenden Einflusses der Rindenschichten, und in dieser Form werden die Markzellen stabil, da nun ihre Wandung die porösen Verdickungsschichten erhält.

Je länger also die Rindenelemente dehnbar bleiben, um so länger kann das Mark seinem Streben nach Verlängerung folgen und die übrigen Gewebe mit sich in die Höhe ziehen.

Wenn dies die richtige Erklärung für die Verspillerung der Stengel geben soll, muß noch nachgewiesen werden, daß das Mark im lebenden Zustande wirklich das Bestreben hat, in die Länge zu wachsen, selbst wenn nicht neue Cellulosemicellen in die Wandung sich einschieben, sondern nur mehr Wasser von derselben aufgenommen wird. Diesen Beweis führt Kraus, welcher herausgeschnittene Markprismen von wachsenden Stengelgliedern in Wasser legte und durch direkte Messung fand, daß sich dieselben oft um 20—30 % verlängerten. Diese Verlängerung war mit Wasseraufnahme verbunden; die Zellen wurden sehr turgescent, ja fast spröde. Tödtet man das Mark durch Einbringen in kochendes Wasser, so werden die Zellen schlaff und nehmen stets an Länge und Gewicht ab. Auch bei normalen Stengelgliedern zeigt sich bei

direkten Wägungen das Mark immer prozentisch wasserreicher, als das übrige Gewebe, so daß man also daraus schließen kann, daß die Begierde des Markes, Wasser aufzunehmen, dahin führt, die Zellwände zu dehnen und zwar vorwiegend in der Richtung des geringsten Widerstandes, also hier in der Längsrichtung auszudehnen.

Der verspillerte Stengel gleicht vielfach einem recht jugendlichen, normalen Organe und ebenso sind die Blätter auf einer jugendlichen Entwicklungsstufe stehen geblieben. Die Krankheit des Verspillerns läßt sich daher kurz und ziemlich treffend als permanenter Kindheitszustand des Pflanzenkörpers bezeichnen.

a) Allgemeine Schwäche als Krankheitsdisposition.

Wenn wir die im vorigen Capitel erwähnten Eigenthümlichkeiten der Pflanzenentwicklung bei ungenügender Beleuchtung zusammenfassen, so erhalten wir den Einblick, daß die bei einzelnen Pflanzen in verschiedenem Maße eintretende und auch in verschiedener Weise sich äußernde Ueberverlängerung der Glieder mit einer Dünnwandigkeit der Zellelemente verbunden ist, durch welche die verspillerten Exemplare widerstandsunfähiger gegenüber den in zusagender Beleuchtung erwachsenen Pflanzen derselben Abstammung werden.

Der Charakter der verspillerten Pflanzen nähert sich dem der in feuchter Luft unter Lichtzutritt gewachsenen Exemplare. Vesque und Viet[1]) sprechen sogar direkt aus, daß die feuchte Luft denselben Einfluß wie die Dunkelheit ausübe. Sie gründen ihr Urtheil auf einen Vergleich der Rauwenhoff'schen Beschreibung etiolirter Pflanzen (Annal. d. scienc. nat. 6 Ser. V. p. 267) mit ihrem Befunde an den in feuchter Luft kultivirten Pflanzen. Diese zeigten die Gefäßbündel viel schwächer entwickelt, da Zahl und Durchmesser der Gefäße geringer waren und die Hartbastfasern ganz fehlten. Versuche mit Erbsen, Hanf, Weizen und Ricinus zeigten, daß die in Dunkelheit bei trockner Luft erzogenen Pflanzen weniger verspillert waren, als die bei Beleuchtung in feuchter Luft erwachsenen Exemplare. Daraus schließen d. Verf., daß die Gestalt der etiolirten Pflanzen in erster Linie von dem Mangel der Transspiration abhänge.

Wenn es sich um die Einwanderung von Parasiten handelt, so wird der mechanische Widerstand der Membran, auch bei Voraussetzung gleicher Struktur, bei den verspillerten Pflanzen ein geringerer sein. Es werden aber auch alle atmosphärischen Einflüsse leichter und in größeren Schwankungen zum plasmatischen Zellleibe gelangen und dessen Funktionen stören können, selbst wenn eine verspillerte Pflanze ganz in derselben Weise und mit derselben Energie wie eine genügend beleuchtete arbeiten würde.

Letzteres ist nun aber keineswegs der Fall.

Die erste Andeutung für eine Veränderung der Funktionen finden wir

[1]) Vesque et Viet: Influence du Milieu sur les végétaux. Annal. des scienc. nat. sixième série, Botanique t. XII 1881, S. 167.

schon in der angegebenen Wanderung der Chlorophyllkörper an die Seitenwände bei Verdunklung. Gleichzeitig leitet sich auch eine andere bedeutungsvolle Aenderung, nämlich das Schließen der Spaltöffnungen, ein. Diese schon früher bei eintretender Dunkelheit beobachtete Erscheinung stellt sich aber nach Schwendener[1]) auch schon bei plötzlicher Abnahme der Beleuchtungsintensität ein. Das ist nicht etwa Folge der mit der Lichtabnahme verbundenen Wärmeerniedrigung; denn eine Temperaturerhöhung innerhalb der gewöhnlichen Schwankungen bewirkt kein Oeffnen dieser Gasschornsteine. Daß eine längere Unterdrückung oder doch Herabminderung des Gasaustausches Veränderungen des Zellinhaltes durch Sauerstoffmangel, also z. B. Neigung zur Alkoholbildung herbeiführen kann, ist naheliegend. Diese Störungen werden um so leichter eintreten, je intensiver die Wachsthumsfähigkeit und je größer das Durchlüftungsbedürfniß ist. Also grade junge Organe werden dies empfinden, während alte, mehrjährige Blätter mit ihrem geringeren Lichtbedarf länger eine Beschränkung im Gasaustausch ertragen. Dies deutet die Natur auch schon durch die mit zunehmendem Alter gesteigerte Wandverdickung der Schließzellen an, welche nach Schwendener bisweilen so stark ist, daß ein Oeffnen der Spaltöffnungen überhaupt nicht mehr möglich ist.

Wenn man annehmen will, daß die Spaltöffnungen auch die Hauptausgangswege für das von der Pflanze ausgehauchte Wasser darstellen, so wird man nach obiger Beobachtung zu dem Schlusse gelangen, daß die Pflanzen in der Dunkelheit auch weniger transspiriren. Dies ist nun thatsächlich der Fall. Bei jungen, auf ihre Cotyledonen angewiesenen Keimpflanzen von Phaseolus fand ich den Unterschied zwischen etiolirten und normalen Pflanzen derart, daß erstere pro Quadratcentimeter Blattfläche 0,21 g, letztere 0,29 g im Durchschnitt in derselben Zeiteinheit verdunsteten.[2]) Parallel mit der Verdunstung geht unter sonst gleichen Verhältnissen die Produktion von Trockensubstanz einer Pflanze. Die Untersuchung ergab, daß nicht nur die absolute Produktion der jungen Pflanzen eine wesentlich energischere war, sondern daß auch der Quadratcentimeter Blattfläche substanzreicher sich aufbaute. Aehnlich wie Lichtentziehung durch Verdunklung, wirkt auch Lichtschwächung durch Anwendung von gefärbten Medien, welche die Lichtstrahlen passiren müssen. Im gelben Lichte sind Produktion und Transspiration energischer als im blauen Lichte, soweit wenigstens die Mehrzahl der Versuche andeuten.[3])

---

[1]) Schwendener: Ueber Bau und Mechanik der Spaltöffnungen. Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wissensch. z. Berlin, Juli 1881, cit. Bot. Z. 1882, S. 234.

[2]) Sorauer: Studien über Verdunstung. Aus Wollny's „Forschungen auf dem Gebiete der Agrikulturphysik", Bd. I, Heft 4/5, S. 116.

[3]) Vergl. Hellriegel: Beiträge S. 378. — Nobbe: Versuchsstationen XXVI, S. 354. — Flahault: Bot. Centralbl 1880, S. 932. — Deherain: Bot. Z. 1873, S. 494 u. A.

Die Produktionsenergie und auch der Produktionsmodus der Pflanzen ändern sich also mit der Lichtabnahme und diese Veränderung äußert sich nicht blos in der gestaltlichen, sondern auch in der stofflichen Zusammensetzung.

Der bekannte Versuch, beleuchtete Blätter durch eine Schablone zu bedecken, die irgend eine etwas großflächige Figur zeigt, diese Blätter nach einigen Tagen durch Alkohol zu entgrünen und dann mit Jodlösung zu begießen, ist das einfachste Beispiel für die Veranschaulichung der Lichtarbeit. Man sieht dann die beleuchtet gebliebenen Blattstellen blau durch die gefärbte Stärke, die im Lichte gebildet worden ist. Dieser Versuch ist auch insofern von Interesse, als er zeigt, wie örtlich beschränkt zunächst Beleuchtung wirkt. Nur der beleuchtet gewesene Heerd hat Stärke gebildet, und auf die verdunkelte Umgebung ist keine Stärke übergegangen. Man sieht daraus, daß grüne Pflanzentheile sich ihr Baumaterial der Hauptsache nach selbst erarbeiten müssen, wenn sie dauernd bestehen sollen. Auf relativ kurze Strecken wird freilich das überschüssig in einem Pflanzentheil vorhandene, organische Material auch in verdunkelte Organe wandern können, wie wir dies bei dem Einschließen von Blüthenknospen und grünen Früchten in dunkle Kästen wahrnehmen können. Blüthen können sich ganz im Dunkeln in normaler Färbung entwickeln, wenn der Blattapparat beleuchtet ist. Die Bildung des rothen Farbstoffes oder doch der ihn erzeugenden Grundsubstanz scheint jedoch an direkte Lichtwirkung meist gebunden zu sein; denn man bemerkt, daß rothe Blüthen vielfach matt im Dunkeln erscheinen und die Aepfel im Schatten sich nicht intensiv roth färben. Kurz vor der Reife abgenommenes, direkt besonnt gewesenes Kernobst färbt sich dagegen auf schattigem Lager noch nach. Weintrauben färben sich allerdings auch bei dauernder Dunkelheit roth und blau.[1])

Daß aus Knollen und Samen die mobilisirten Reservestoffe bis auf eine gewisse Länge in die jungen, gänzlich verdunkelten Triebe wandern, ist früher bereits erwähnt worden. Bei zu langem Wege gehen schließlich aber doch die Triebe zu Grunde, weil sie verhungern; sie verathmen mehr, als sie Athmungsmaterial in Form von Zucker u. dgl. zugeführt erhalten. Daß die Stärke bei ihrer Auflösung in Zucker übergeht und dieser theils zum Aufbau, theils zur Unterhaltung der Athmung Verwendung findet, lehren beispielsweise einige Versuche von Müller-Thurgau. Weinblätter, welche 2% Zucker und ebensoviel Stärke enthielten, wurden abgeschnitten und mit dem Stiel in Wasser gesetzt; das Gefäß kam in einen Raum von 0°. Nach 9 Tagen war die Stärke bis auf Spuren verschwunden. Da die Athmung des Weinstocks jedoch bei 0° eine sehr geringe ist, so konnte der durch Lösung der Stärke in der Dunkelheit entstandene Zucker nicht verathmet werden und mußte sich demgemäß im

---

[1]) Müller-Thurgau: Ueber den Einfluß der Belaubung auf das Reifen der Trauben. Weinbaucongreß zu Dürkheim a. d. H. 1882.

Blatte anhäufen. Thatsächlich stellte die Untersuchung nun 4 % Zucker in den Blättern fest.

Somit wird die Verdunklung die Zuckerbildung in den Organen gegenüber der Stärkebildung in den Vordergrund treten lassen. Wenn, wie dies bei dem Wachsthum der Pflanzen im Freien häufig der Fall ist, mit der Lichtabnahme gleichzeitig eine wesentliche Temperaturabnahme stattfindet, so bedeutet dies eine Stauung von Zucker in den assimilirenden Geweben.

Jeder, der sich mit der Kultur von Pilzen in Nährlösungen beschäftigt hat, weiß aber auch, wie günstig grade eine Zuckerzufuhr für die Entwicklung mancher parasitischer Pilze wirkt.

Trübe, kühle Tage werden also nicht nur die Assimilationsarbeit der grünen Pflanzentheile schwächen, sondern gleichzeitig durch Herabdrücken des Athmungsprozesses eine Zuckeranhäufung in den Blattzellen und somit die Herstellung eines günstigeren Mutterbodens für Parasiten ermöglichen.

Auch der Säuregehalt der Pflanzentheile ist bei Verdunklung ein wesentlich anderer, als bei zusagender Beleuchtung des Organs.

Die Beobachtung ist schon alt, daß manche Pflanzen (Crassulaceen) in der Nacht sauer schmecken[1]), während dies am Tage nicht bemerkbar ist. Die Beobachtung ist in neuerer Zeit vielfach bestätigt und zum Theil erweitert[2]) worden. Bei verspillerten Pflanzen konnte Wiesner erkennen, daß die Blätter vieler monocotyler Gewächse äußerst reich an organischen Säuren seien[3]) und später machte de Vries die Beobachtung[4]), daß auch die Stengel etiolirter Dicotylen stark sauer sind. Bei Beleuchtung verschwindet der reiche Säuregehalt, was wenigstens speziell für die Crassulaceen nachgewiesen worden, bei denen in der Nacht von de Vries nur dann eine reiche Säurebildung constatirt werden konnte, wenn am Tage reichliche Beleuchtung der Pflanzen stattgefunden hatte. War die Lichtzufuhr am Tage nur auf einige Stunden beschränkt, so war auch der Säuregehalt in der Nacht entsprechend niedriger.

Bei andern Pflanzen ist die Säurebildung, welche namentlich hervortritt, so lange das Organ noch im Wachsthum befindlich, nicht so stark in die Augen springend, wie bei den Crassulaceen, oder aber sie wird gänzlich verdeckt da-

---

[1]) s. Heyne und Link in Jahrb. d. Gewächskunde v. Sprengel, Schrader und Link, 1819, S. 70 u. 73.

[2]) Ad. Mayer: Ueber Sauerstoffausscheidung &c. Verhandl. d. Heidelberger Naturf.-Gesellsch. 4./8. 75. — Landwirthsch. Versuchsstat. 1875, Bd. XVIII, S. 410, Bd. XXI, S. 277.

[3]) Wiesner: Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch. I, April 1874, Bd. 69, cit. Bot. Z. 1874, S. 116.

[4]) de Vries: Ueber die Bedeutung d. Pflanzensäuren für den Turgor der Zellen. Bot. Z. 1879, S. 852.

Ueber die periodische Säurebildung der Fettpflanzen. Bot. Zeit. 1884, Nr. 22 u. 23.

durch, daß andere Lebensvorgänge die gebildete Säure in dem Maße ihrer Entstehung neutralisiren oder umwandeln. So kann es kommen, daß bei stark saurem Zellsaft manche Pflanzen (unreife Beeren von Vitis vinifera, Portulacca oleracea, Rheum officinale, Begonia ricinifolia nach de Vries) in der Nacht keinen größeren Gehalt an freier Säure oder gar einen Verlust gegenüber dem Tagesgehalt aufzuweisen haben.

Fast immer sind die Zellsäfte schwach sauer in der Nacht und am Tage; bei Crassulaceen nur sah Mayer, daß die saure Saftreaktion bei Tage eine alkalische wird, und man wird daher schließen müssen, daß bei dieser Familie die Schwankungen in den Prozessen der Säurebildung und Zersetzung sehr extreme sind. Die bisherigen Untersuchungen stützen am meisten folgende Anschauung über die Säurebildung. Das organische, am Lichte gebildete, in Form von Stärke und noch sauerstoffärmeren Produkten in den Pflanzenzellen gespeicherte Material durchläuft auf seinem Stoffwechselwege die mannigfachsten Oxydationsstufen, bevor es als gänzlich verbraucht und verbrannt in Form von Kohlensäure wieder aus dem Organismus ausgestoßen wird.

Unabhängig vom Licht wandert der aus der Stärke hervorgehende Zucker nach den Verbrauchsheerden und wird auf dieser Wanderung theilweise verbrannt und verathmet. Er wird aber bei diesem Verathmungsprozesse durch die Form von organischen Säuren seiner höchsten Oxydationsstufe, der Kohlensäure langsam und schwankend entgegengeführt. Wahrscheinlich durchläuft er die Formen der Apfelsäure und Citronensäure und schließlich der Oxalsäure, bevor er als Kohlensäure ausgeathmet wird. Der Uebergang des Zuckers in die Form der organischen Säuren kann als ein vom Lichte unabhängiger, bei Tag und Nacht sich vollziehender Vorgang aufgefaßt werden. Im dunklen Kasten eingeschlossene Weintrauben reifen und werden süß [1]), müssen also ihren Zucker, den sie von den Blättern zugeführt erhalten, zum Speichern und Aufbauen, sowie zur Säurebildung und zum Verathmen im Dunkeln weiter verarbeiten können. Die Quantität, die zum Oxydiren in der Dunkelheit geboten wird, hängt von der vorhergegangenen Lichtarbeit des Organs oder der Menge des zugeführten, vorbereiteten Athmungsmaterials ab. Die Trauben brauchen, wenn sie in ganz jugendlichem Zustande schon in die Dunkelheit kommen, längere Zeit zum Erweichen und Süßwerden. Die Beeren sind, so lange sie noch grün und krautartig sind, im Dunklen ärmer an Säuren. [2]) Das weitere Verbrennen der organischen Säuren zu Kohlensäure aber ist als ein Akt aufzufassen, der in der Dunkelheit sich zwar auch, aber viel langsamer vollzieht, als im Lichte. Wir sehen, daß bei der Nachreife der Früchte dieselben bei heller Aufbewahrung viel schneller fade, d. h. zucker- und säurearm

---

[1]) Müller-Thurgau: Einfluß der Belaubung &c., a. a. O. S. 14.

[2]) Portele: Studien über die Entwicklung der Traubenbeere &c. Mittheilungen d. landw. Landesanstalt zu St. Michele 1883.

werden, als im dunkeln Keller. Zur Säurezersetzung genügen sehr geringe Lichtintensitäten, bei welchen eine ausreichende Assimilation noch nicht möglich ist. Steigerung der Wärme steigert auch die Säurezersetzung im Dunkeln. Kühlere Nächte führen zur Säurespeicherung.

Direkt nachgewiesen wird dies durch die Versuche von de Vries.[1]) Es geht aus dem mit jeden folgendem Tage der Verdunklung sich steigernden Geringerwerden des Säureverlustes aber auch hervor, daß das Verschwinden der Säure an den Vorrath des im Lichte erarbeitet gewesenen Materials zur Säurebildung gebunden ist.

Die Pflanzen produziren also fortwährend Säuren und zwar um so energischer, je wachsthumskräftiger ihre Organe sich erweisen. Bei Beleuchtung werden die Säuren in dem Maße, wie sie entstehen, verbrannt; im Finstern speichern sich die Säuren, und verspillerte Pflanzen sind darum relativ säurereich.

Diese Anhäufung von Säure kann an und für sich schon solchen Pilzen, die Säuren zersetzen, die Möglichkeit der Ansiedlung und üppigen Entwicklung bieten; es kann aber auch noch eine übermäßige Turgescenzsteigerung des Gewebes hinzukommen, falls die Ansicht von de Vries richtig ist, daß die Pflanzensäuren es vorzugsweise sind, welche die Turgorkraft der Zelle bedingen.

Im engsten Zusammenhange mit den geschilderten Vorgängen der Bildung und Verbrennung der Kohlenhydrate steht auch die Eiweißzersetzung und Rückbildung in der Pflanzenzelle.[2])

Bei der Keimung und bei dem Austreiben der Knospen an Zweigen, Wurzeln und Knollen sehen wir die Produkte des Eiweißzerfalles, welche denen der künstlichen Eiweißzersetzung gleich sind, also Asparagin, Glutamin, Leucin Tyrosin in größter Menge auftreten. Nach Borodin's Untersuchungen[3]) treten diese Amidoverbindungen nun um so reichlicher auf, je weniger stickstofffreie Bestandtheile (namentlich wohl Traubenzucker) vorhanden, welche zur Rückbildung von Eiweiß verwendet werden können.

Da nun bei verspillerten ebenso wie bei beleuchteten aber in kohlensäurefreier Luft erzogenen Pflanzen die Neuproduktion von Kohlenhydraten unterbleibt und dieselben durch Verathmung von Tag zu Tag mehr verbraucht werden, so wird nun eine Anhäufung des Asparagin's stattfinden. Das Asparagin wird von Pilzen sehr gut bei Gegenwart von Zucker verarbeitet. Thatsächlich fand E. Schulze mehr als die Hälfte des Gesammtstickstoffs bei zwanzigtägigen, verspillerten Lupinenkeimlingen in der Form von Asparagin wieder.[4]) Wenn

---

[1]) Bot. Z. 1884, S. 340.

[2]) Pfeffer in Jahrb. f. wissensch. Bot. 1872, Bd. 8, S. 548. — Tagebl. d. Naturf.-Vers. zu Wiesbaden.

[3]) Bot. Z. 1878, S. 802 ff.

[4]) E. Schulze: Ueber den Eiweißumsatz im Pflanzenorganismus. Landwirthsch. Jahrbücher 1880, S. 1—60.

nun fortdauernd der N. freie Theil des Eiweißmoleküls verathmet wird und keine neuen N losen Bestandtheile vorhanden, um normales Eiweiß im Protoplasmakörper aufzubauen, so wird der Zellenleib die tiefgehendsten Störungen erfahren; es ist wahrscheinlich, daß ein weiterer Zerfall nun Fäulnißerscheinungen einleitet, welche den üppigsten Nährboden für Parasiten und Saprophyten herstellen. Bei Keimung von angefeuchtetem Kressesamen sah Vogel[1]) im Dunkeln Schwefelwasserstoff entstehen, während in den Parallelversuchen mit beleuchteten Flaschen das Bleipapier nahezu keine Veränderung zeigte.

Die weichen, parenchymatischen Pflanzentheile mit größerem Eiweißgehalt unterliegen früher, als solche mit vorherrschend prosenchymatischen Elementen. Bei den Blättern kann im Blattparenchym ein anderer Vorgang herrschen, als in den Blattnerven. Bei jungen Dahliapflanzen wies Borodin[2]) in den Blattnerven und im Blattstiel Salpeter nach, in dem Blattparenchym aber große Mengen von Tyrosin und keinen Salpeter. Es mag hier das Tyrosin kein Spaltungsprodukt, sondern ein synthetisches Produkt sein; denn wenn die jungen Triebe der Dahlia etioliren, bildet sich kein Tyrosin, sondern Asparagin, das bei Wachsthum unter Beleuchtung nicht zum Vorschein kommt.

b) Das Lagern des Getreides.

Die für die Praxis bedeutsamste, hierhergehörige Erscheinung wird in dem Lagern des Getreides dargestellt. Daß dasselbe durch Lichtmangel hervorgerufen wird, hat L. Koch[3]) experimentell genau nachgewiesen, indem er künstlich die Erscheinungen des Lagerns dadurch zu Stande gebracht hat, daß er die Halme beschattete. Es werden dadurch die bereits früher von Gronemeyer[4]) gemachten Angaben bestätigt. Die Schwäche des Halmes, die das Knicken bei dem Lagern bedingt, zeigt sich wesentlich in den untern Stengelgliedern, und namentlich ist es das zweite Internodium (von der Halmbasis aus gerechnet), welches dem Einknicken am meisten unterworfen ist.

Das erste, unterste Stengelglied ist zwar ebenfalls schwach, aber in der Regel zu kurz; dagegen ist das zweite am meisten gestreckt und am wenigsten verdickt. Die Zellen dieses Internodiums zeigen im Verhältniß zu den entsprechenden des normalen Stengels eine bedeutende Ueberverlängerung und mangelhafte Verdickung. Letztere ist besonders bei denjenigen Zellen in die Augen springend, welche am Halm den Raum zwischen Oberhaut und Gefäß-

---

[1]) Vogel: Ein auffälliger Unterschied zwischen Keimen am Tageslicht und im Dunkeln, cit. Bot. Jahresbericht 1877, S. 675.

[2]) Sitzungsber. d. bot. Sect. d. Petersburger Naturforscher-Gesellsch. 1881, cit. Bot. Z. 1882, S. 589.

[3]) „Abnorme Aenderungen wachsender Pflanzenorgane durch Beschattung" von Ludwig Koch in Darmstadt.

[4]) Gronemeyer in Agronom. Zeit. 1867, Nr. 34.

bündeln einnehmen und von Koch als Gefäßbündelscheide angesprochen werden. Diese Zellen bedingen aber im Wesentlichen durch ihre Verdickung die Festigkeit des Halmes.

Das Lagergetreide entsteht also, wenn bei dichtem Stand der Saaten eine genügende Beleuchtung der untern Internodien unterbleibt. Die zu starke Beschattung wirkt auch in ganz frühen Entwicklungsstadien der Pflanze schon nachtheilig durch Ueberverlängerung der Zellen und geringe Verdickung der Wandungen, was vorzugsweise im zweiten Internodium von unten stattfindet. Diese Uebelstände werden an derjenigen Stelle des Internodiums um so stärker auftreten, wo die Blattscheide den Halm am dichtesten umschließt; dies findet in der Nähe der Basis des Stengelgliedes statt, und hier zeigen sich denn auch die Verspillerungserscheinungen am klarsten und intensivsten.

Der früher als Grund des Lagergetreides angegebene Mangel an Kieselsäure ist als irrig jetzt zu betrachten, da sich bei den Wasserkulturen der Getreidepflanzen herausstellte, daß die Kieselsäure in minimalen Mengen genügt, eine normale Pflanze zu erzeugen, und da die Analysen von gelagertem Getreide gegenüber einem nicht gelagerten wenig Unterschied im Kieselsäuregehalt gezeigt haben. Auch in den normalen Pflanzen sind, wie Pierre am Weizen, Arendt an der Haferpflanze nachgewiesen haben, die untersten Internodien des Halmes am ärmsten an Kieselsäure, von welcher überhaupt das größte Quantum in den Blättern sich vorfindet. Dieselben können 7—18mal reicher an Kieselsäure sein, wie die untern Stengelglieder.

Anderer Art ist der zweite als Grund des Lagerns angegebene Punkt, daß die Krankheit auf zu reiche Stickstoffzufuhr im Boden zurückzuführen ist. Allerdings kann dies eine Veranlassung abgeben, insofern dadurch eine üppige Entwicklung des Blattapparates hervorgerufen und die Beschattung wesentlich vermehrt wird; eine ebensolche Veranlassung wird aber überhaupt jeder Umstand geben, der zu dichten Stand der Saaten bedingt, also z. B. zu starke Aussaat, reiche Wasserzufuhr u. s. w. Dies sind eben nur entferntere Veranlassungen, die unter andern Umständen ganz normales Wachsthum hervorrufen und reiche Ernten gewähren, was bei zu starker Beschattung niemals der Fall ist.

Thaer versuchte festzustellen, wieviel Stickstoff man der Pflanze bei gleichzeitiger, reicher Zufuhr aller andern Nährstoffe geben könne, um den höchsten Ertrag ohne Lagern zu erzielen. Er fand, daß man bei freier Feldkultur bis 75 % des in der reifen Pflanze vorhandenen Stickstoffs gehen könne.[1]) Indeß umschließt diese Angabe insofern keine präcisen Zahlen, als die einzelnen Varietäten, Jahrgänge und Düngemittel den Stickstoffgehalt der einzelnen Ernten beeinflussen, so daß man für alle Fälle gut thun wird, nur eben den Durch-

[1]) Tagebl. d. Naturf.-Vers. z. Kassel 1878, S. 248.

schnittsgehalt der Analysen vieler aus verschiedenen Zeiten und Oertlichkeiten stammender Früchte als Maßstab gelten zu lassen.

Wie sehr die Ausbildung der Frucht sich durch verschiedene Stickstoffdüngung ändern und die Pflanze zum Lagern geneigt gemacht werden kann, erfahren wir aus den Untersuchungen von Ritthausen und Pott.[1]) Während die Körner des Sommerweizens bei reicher Stickstoffzufuhr zwar gut ausgebildet, aber klein, hart und glasig wie das Saatgut sich zeigten, erwiesen sich die Samen der ungedüngten Parzellen größer, halbmehlig und hellfarbig. Die Pflanzen der Stickstoffparzellen lagerten nach wenigen starken Regengüssen. Kreusler und Kern bestätigen die obigen Angaben.[2]) In der reinen Phosphorsäuredüngung dürften wir ein Mittel haben, die Gefahren einer zu hohen Stickstoffzufuhr zu mildern. Wenigstens ergaben die bei Weizen und Gerste von vorgenannten Versuchsanstellern erhaltenen Resultate, daß eine Düngung mit Phosphorsäure allein (Bakerguano mit 18,97 % löslicher P^2O^5) eine Depression des Stickstoffsgehalts der Körner zur Folge hatte.

Aber abgesehen von der Zusammensetzung der Körner, die durch erhöhte Stickstoffzufuhr geändert wird, muß doch auch die Gesammtmenge der Ernte in Betracht gezogen werden, welche bei zu üppigem und dadurch zu dichtem und dunklem Stande der Pflanze nicht wenig leidet. Versuche, welche sich an die im praktischen Betriebe vorkommenden Verhältnisse am meisten anlehnen, indem sie den Einfluß seitlicher Beschattung darthun, sind von Fittbogen[3]) ausgeführt worden. Derselbe beschattete Gerstenpflanzen unter sonst vollkommen gleichen Ernährungsverhältnissen durch einen Cylinder von nebeneinander befestigten Roggenhalmen, die in dem Maße in die Höhe geschoben wurden, als die an der Spitze immer beleuchtete Versuchspflanze selbst sich verlängerte. Die Pflanzen hatten also Licht zur Produktion, aber doch nicht genügend; sie brachten daher nur etwa $^2/_3$ der Trockensubstanzmenge der allseitig beleuchteten Pflanzen hervor, trotz ihres 4—6 Wochen längeren Wachsthums, das sie bis zur völligen Reife brauchten. Die Trockensubstanz war aber auch noch viel ungünstiger auf die einzelnen Ernteprodukte vertheilt. Während nämlich unter normaler Beleuchtung bei der kleinen Gerste von der Gesammttrockensubstanz 47 % auf die Körner und 53 % auf Stroh und Spreu kommen, wurden bei den beschatteten Pflanzen auf 61 Gewichtstheile Stroh und Spreu nur 39 % Körner geerntet, die auch qualitativ geringer waren. Betreffs des Wasserverbrauchs ergiebt sich, daß die seitlich beschatteten Pflanzen trotz ihrer mindestens 6 Wochen längeren Vegetationszeit innerhalb der heißesten Monate Juli und August, doch nur etwa $^1/_{10}$ mehr Wasser verbraucht hatten; in derselben Zeiteinheit also verdunsteten sie absolut bedeutend weniger als die normal beleuchteten Exemplare,

---

1) Landwirthsch. Versuchsstationen 1873, S. 384.

2) Centralbl. f. Agrikulturchemie 1876, I, S. 401.

3) Vortrag aus dem Klub der Landwirthe am 14. Dez. 1875.

entsprechend der geringeren Produktion an Trockensubstanz. Relativ dagegen wird die Pflanze viel Wasser verdunstet haben; so sehen wir denn bei den beschatteten Pflanzen über 500 g Wasser pro Gramm Trockensubstanz verbraucht, während die normal beleuchteten Exemplare nur etwas über 300 g auf dieselbe Trockensubstanzmenge ausgehaucht haben. Also auch bei diesem Vegetationsfaktor finden wir denselben Einfluß auf die Transpiration, wie bei den andern (Bodenlösung, Kohlensäuregehalt der Luft u. s. w.); Mangel erhöht den relativen Wasserverbrauch pro Gramm Trockensubstanz.

Der durch Lager hervorgerufene Schaden wird in vielen Fällen bei Getreide dadurch vermindert, daß dasselbe die Fähigkeit besitzt, sich wieder aufzurichten. Der Vorgang des Aufrichtens beruht in der Fähigkeit der Halmknoten, noch zu einer Zeit Wachsthumserscheinungen zu zeigen, in der die Zwischenglieder bereits verholzt sind. Nach den Untersuchungen von de Vries [1]) erfolgt dadurch, daß der Halm mit seinen Knoten nun zur Horizontalen geneigt ist, auf der der Erde zugewendeten Hälfte des Knotens durch den Einfluß der Schwerkraft eine Vermehrung der osmotisch wirksamen Stoffe in den Parenchymzellen. Diese ziehen Wasser an, dehnen sich mehr aus und heben auf diese Weise das über dem Knoten sitzende Halmglied.

Wir dürfen auf Grund der Forschungen von G. Kraus [2]) annehmen, daß nicht eine größere Neubildung von osmotisch wirksamen Stoffen (Säuren) erfolgt, sondern eine Speicherung auf der convexen Seite in Folge verminderter Verbrennung der organischen Säuren zu Kohlensäure. Wenigstens constatirt Kraus bei Eintritt geotropischer und heliotropischer Krümmungen auf der convexen Seite ebensoviel Säure, wie auf der concaven. Nach Eintritt der Krümmung sogar eine geringe Abnahme auf Ersterer.

Das einzige, wirklich erfolgreiche Vorbeugungsmittel liegt in dünnerer Saat, deren Quantum nach der Bodenbeschaffenheit aber modifizirt werden muß. Auf sandigem Boden wird dichter gesäet werden müssen, als auf lehmigem und bei magerer Düngung dichter als bei reichlicher Stickstoffzufuhr. Vor Allem nützlich wird sich das Drillen erweisen, weil dadurch ein möglichstes Freistehen der Pflanzen erzielt wird.

Wenn aber die Aussaat bereits geschehen ist und ein dichter Pflanzenbestand, üppige Entwicklung und feuchte Witterung ein späteres Lagern befürchten lassen, dann muß man sehen, durch scharfes Eggen, Walzen oder vorsichtiges Abweiden und Schröpfen einen Theil des Blattapparates zu entfernen, um dem Lichte möglichst genügenden Zutritt zu verschaffen. Diese Mittel sind

---

[1]) de Vries: Ueber die Aufrichtung des gelagerten Getreides. Landwirthschaftl. Jahrb. von Thiel, IX, 1880, Heft 3.

[2]) Sitzungsberichte d. naturf. Ges. zu Halle 1880, cit. Bot. Centralbl. 1882, I, S. 107.

in der Regel nur bei jungen Pflanzen im ersten Frühjahr angewendet worden. Neuerdings aber wird das Walzen auch dann noch empfohlen, wenn das Getreide nicht mehr weit von dem Zeitpunkte entfernt ist, wo es in die Aehren schießt. Die landwirthschaftliche Zeitung für Westfalen [1]) sagt darüber: Man walze das Getreide mit einer leichten, glatten Walze, wobei das Feld ein allerdings trauriges Aussehen annimmt. Ein Versuch ergab aber, daß ungewalztes Getreide nicht allein lagerte, sondern auch 6 preußische Scheffel pro Morgen weniger als gewalztes Getreide (Weizen) desselben Feldstückes gab. Der Stillstand im Längenwachsthum, der durch das Knicken der Halme hervorgerufen, wirkt wahrscheinlich dadurch günstig, daß die schon gebildeten Zellen unterdeß ihre Wandungen stärker verdicken.

Bei an und für sich zum Lagern geneigten, schwachstengeligen Pflanzen tritt bisweilen neben dem Lagern ein Faulen der dem Licht gänzlich entzogenen Parthien auf, was besonders verlustbringend bei dem Lagern der Futterwicken ist. Als Vorbeugungsmittel wird in den Mittheilungen d. Ver. f. Land- u. Forstw. im Herz. Braunschweig [2]) angerathen, etwas Pferdezahnmais mit auszusäen, an dessen Stengeln sich die Wicken hinaufwinden können und dessen Blätter ein gutes Futter darbieten.

Gegen das Lagern der Erbsen, Wicken u. dgl. wird auch empfohlen, Leindotter (Camelina sativa) ungefähr 6 l pro Hektar zwischen zu säen. Diese ganz frostharte Pflanze wird ungefähr gleichzeitig mit den Erbsen reif, und die Körner lassen sich leicht durch Siebe von den Erbsen trennen, während das in der Regel dazwischen gebaute Getreide (Sommerroggen, Hafer) viel schwieriger auszuscheiden ist und auch den Boden für die folgende Winterfrucht mehr aussaugt.

c) Dichte Aussaat.

Eine ähnliche Erscheinung, wie das Lagern, ist das „Umfallen“ der jungen Samenpflanzen in Frühbeeten. Der wesentliche Unterschied besteht nur darin, daß neben dem Lichtmangel gleichzeitig noch andere schädliche Einwirkungen vorhanden sind und ein Fäulnißprozeß die Pflanzen für immer alsbald vernichtet. Der Gärtner nennt diesen Zustand, der in einem Abfaulen der Stengelbasis besteht, „schwarze Füße bekommen“.

Neben dem Lichtmangel tritt hier auch Sauerstoffmangel auf. Der Dünger, welcher die Frühbeete erwärmt, braucht viel Sauerstoff zur weiteren Zersetzung und entzieht denselben seiner Umgebung; die Nässe im Boden verhindert das genügend schnelle Eintreten desselben an die Pflanzenwurzel und stört deren normale Arbeit. Die durch den dichten Stand bei der Beschattung

---

[1]) Citirt in Oekonom. Fortschr. v. Zöller 1869, S. 339.

[2]) Fühling's Neue landw. Zeit. 1870, S. 477.

ohnehin etiolirten, unteren Stengelpartien erliegen der Fäulniß zuerst. Das Umfallen der Pflanzen läßt sich am besten verhindern, wenn ihr Stand durch Ausziehen eines Theiles der Samenpflanzen gelichtet und das Wachsthum durch Lüftung des Kastens und Eindringen der kalten Luft zurückgehalten wird. Die langanhaltende Beschattung durch Strohdecken, welche bei der außerhalb herrschenden Kälte zur Zeit der ersten Mistbeete freilich nicht zu vermeiden ist, muß aber auf das geringste Maß beschränkt werden, und das Begießen darf auch nur dann reichlicher stattfinden, wenn man einen hellen Tag vor sich hat, der in der Mittagstunde ein stärkeres Lüften erlaubt.

Die zu dichte Saat soll nach Hoffmann[1]) bei zweihäusigen Pflanzen dahin wirken, daß mehr männliche Exemplare ausgebildet werden. Bei Spinat ergab die dichte Saat im Topfe ungefähr doppelt so viel männliche Pflanzen pro Hundert weiblicher Exemplare, als bei breitwürfiger Aussaat im Freien. Selbst bei Farnkräutern machte sich nach Prantl durch Dichtsaat bei den Vorkeimen das Ueberwiegen der männlichen Geschlechtsorgane (Antheridien), bei lockerer Saat das der Archegonien bemerklich, und Pfeffer bemerkte, daß bei dem mangelhaften Begießen der meist diöcischen Vorkeime der Schachtelhalme sich mehr männliche zeigten.

Da aus den früher erwähnten Farnkulturversuchen von Prantl sich ergiebt, daß die Menge der weiblichen Organe von der Stickstoffzufuhr abhängig, so werden sich die Erscheinungen der vorherrschenden Produktion männlicher Geschlechtsorgane auch bei den andern Pflanzen dadurch erklären lassen, daß bei zu großer Beschattung nicht genügend plastisches, eiweißreiches Material zur Ausbildung weiblicher Apparate gebildet wird. Ebenso sehen wir, daß der aus Fetten und stickstoffhaltigen Substanzen zusammengesetzte Milchsaft der Pflanzen bei dem Verspillern verschwindet.[2]) Bei den Kulturen der Runkelrüben ist die hier und da noch befolgte Methode der horstweisen Pflanzung zu verlassen. Wenn 2 oder gar 3 Pflanzen bei einander belassen werden, vermehrt sich der Blätterertrag, aber das Erntegewicht an Rübenkörper geht zurück.[3]) Es ist dies eine Bestätigung der von Famintzin[4]) u. A. gemachten Beobachtung an Keimpflanzen, daß bei Verspillerung das Längenwachsthum der Wurzeln in dem Maße geringer wird, als die Ueberverlängerung der oberirdischen Organe zunimmt.

Den Kulturzwecken dienstbar gemacht wird das Verspillern bei dem Bleichen der Salate, Endivien, Sellerie, Artischocken u. A. Während bei den

[1]) Naturforscherverſ. zu Baden-Baden 1879, cit. Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenbaues, Berlin 1879, S. 477.

[2]) Faivre: Études sur les laticifères etc., cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 747.

[3]) Salfeld: Biedermann's Centralbl. 1875, II, S. 349.

[4]) Melanges biologiques VIII, cit. Bot. Zeit. 1873, S. 366.

genannten Pflanzen die gewünschte Zartheit des Laubkörpers bisher meist durch Zusammenbinden der älteren Blätter über die jüngeren erzielt wird, hat man in neuerer Zeit für Artischoken vorgeschlagen, bereits die jungen Pflanzen mit einem groben Tuchsacke derart zu umhüllen, daß das Weiterwachsen der Pflanzen ermöglicht bleibt. [1])

d) Lichtmangel bei Gehölzen.

Wer größere Parkanlagen mit vielen gepflanzten Gehölzen betritt, wird mühelos verschiedene Verspillerungserscheinungen antreffen, weil hier mehr wie im natürlichen Walde lichtbedürftige Pflanzen in unnatürlich schattigen Standort kommen. Die Folgen des Lichtmangels äußern sich sowohl in der Ueberverlängerung der schmächtigen Zweige, als auch in dem allmählich zum Ausdruck kommenden, z. Th. durch Absterben einzelner Zweigparthien entstehenden Schattenhabitus und in der Ausbildung des Jahresringes; endlich aber auch und zwar ganz besonders im Nachlassen der Fruchtbarkeit. Der Schattenhabitus tritt um so mehr in den Vordergrund, je lichtbedürftiger die Pflanzen sind. Im natürlichen Walde führt bei der Ausbreitung durch Selbstbesamung der Grad des Lichtbedürfnisses der einzelnen Geschlechter dazu, daß die Verspillerungserscheinungen weniger in die Augen fallen, weil immer nur die mit den geringsten Lichtquantitäten fürlieb nehmenden Arten am weitesten Fortschritte machen. Immerhin finden sich auch hier Schattenformen von größerer Länge, größerer Schlaffheit und geringerer Färbung. Bei Sträuchern erzeugt der Lichtmangel ein leichteres Absterben der Innenzweige und reichlichere Endverzweigung. Daß bei der Verlangsamung der Assimilation der Schattenexemplare weniger plastisches Material gebildet und dieses dann nicht immer ausreichen wird, den Jahresring bis zur Stammbasis zu verdicken, ist leicht einzusehen; daher finden wir bei schattigem Standort der Bäume bisweilen ein Auskeilen des Jahresringes am Grunde der Stämme.

Die Unfruchtbarkeit der zu stark beschatteten Pflanzen wird einestheils schon durch den absoluten Mangel an Baumaterial, anderntheils durch die unzweckmäßige Verwendung des Vorraths erklärt. Die Neigung zur Bildung belaubter Achsen dominirt. Bei Weinstöcken in Schattenlagen erscheinen in Folge dessen ganz lockere, wenigbeerige Trauben oder an Stelle derselben nur noch unfruchtbare Ranken.

Auch bei besonnten Bäumen ist das Innere der Baumkrone oft unfruchtbar, wenn die Krone nicht genügend ausgeschnitten wird. Bei Waldbäumen kann Gipfeldürre eintreten. Auffallenderweise findet sich dieselbe weniger im geschlossenen Bestande, als an Rändern neugeschaffener Lichtungen und Wege.

---

[1]) Bot. Centralbl. 1880, S. 751.

Die Erklärung für diesen Umstand wird man mit Mer[1]) darin zu suchen haben, daß im geschlossenen Bestande die Bäume, die sich überhaupt trotz der Ueberschattung durch höhere Exemplare noch lebendig erhalten, ihr Licht fast ausschließlich von oben empfangen. Der relativ armblätterige Gipfel wird daher weiter wachsen und dünne, schwach verzweigte, schnell sich reinigende Stämme bilden. Durch eine einseitige Freistellung erlangen einzelne Seitenäste mehr Licht und damit leicht ein Uebergewicht in der Assimilation und Produktion. Solche neu entstandenen, stärkeren Assimilationsheerde ziehen mehr Bodenlösung an auf Kosten des allmählich verschmachtenden Gipfels.

Nicht im Widerspruch mit der geschilderten Empfindlichkeit der Pflanzen gegen Verdunklung steht die Thatsache, daß dieselben Pflanzen, welche in kurzer Zeit im Sommer bei Lichtentziehung leiden, den ganzen Winter hindurch unbeschadet in dunklen Kellern, Kästen und Gruben zubringen können. Rosen, zarte Coniferen, Blüthensträuchern u. s. w. welche vor Frost geschützt und daher gedeckt oder in Kellern eingeschlagen werden müssen, liefern naheliegende Beispiele. In der Winterruhe ist der Stoffverbrauch dieser Gewächse eben so gering, daß derselbe aus den Reservestoffen vollkommen gedeckt werden kann, und die Assimilationsarbeit, zu der das Licht nothwendig ist, kann daher in dieser Ruheperiode fortfallen. Sind dagegen die Keller so warm, daß das Knospenleben zu früh geweckt wird, dann zehren die jungen Triebe bis zur Zeit des Transportes der Pflanzen in's Freie soviel gespeicherte Nahrung, daß die Exemplare leiden.

4. Lichtüberschuß.

Nach den Erfahrungen, die über den Einfluß der Wärme auf die einzelnen Vegetationsvorgänge in großer Anzahl bereits vorliegen, ist von vornherein zu vermuthen, daß auch für die Lichtwirkung nicht nur eine Minimalgrenze vorhanden ist, sondern daß auch ein bei jeder Pflanze für jeden Vorgang und für jede Combination der Vegetationsfaktoren besonderer Beleuchtungsgrad existirt, der als der optimale bezeichnet werden kann. In der That ist bereits bei einer Anzahl von Pflanzen die Beobachtung gemacht worden, daß, wenn das Licht über ein gewisses Maß hinaus gesteigert wird, die Assimilation, kenntlich durch die Sauerstoffausscheidung, nicht mehr fortschreitet, sondern stehen bleibt[2]) oder sogar zurückgeht.[3]) Vorausgesetzt ist dabei ein gleicher Kohlensäuregehalt der

[1]) Mer: Note sur le dépérissement des cimes d'Epicéas. Bull. d. l. soc. bot. d. France XXVII, cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 1637.

[2]) L. Reinke: Untersuchungen über die Einwirkungen des Lichtes auf die Sauerstoffausscheidung der Pflanzen. Bot. Z. 1883, Nr. 42 ff.

[3]) Famintzin: Effet de l'intensité de la lumière etc., cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 1460.

Luft; denn auch bei einem zu hohen Gehalt der Luft an diesem Bestandtheil geht die Sauerstoffausscheidung zurück, wie schon Boussingault und nach ihm Pfeffer[1]) dargethan haben.

Ein solcher optimaler Beleuchtungszustand macht sich auch im Aussehen der Pflanze kenntlich, indem dieselbe eine tiefgrüne Färbung annimmt, die sie sowohl bei einer stärkeren Herabminderung der Beleuchtung (wie bereits erwähnt) als auch bei größerer Steigerung der Lichtintensität über das Optimum hinaus, verliert und dafür einen gelben Farbenton annimmt. Die Entstehung dieser Gelbfärbung läßt sich aus dem Verhalten des Chlorophyllfarbstoffs zum Lichte wohl erklären. Wenn wir nämlich mit Mulder und Rauwenhoff[2]) festhalten, daß die Pflanzen schon Kohlensäure zersetzen, also Sauerstoff abscheiden, indem sie ergrünen, so wird der Prozeß der Chlorophyllbildung als ein primärer, durch das Licht bewirkter Desoxydationsprozeß hingestellt, der an eine gewisse Lichtintensität und an gewisse Strahlengattungen gebunden ist. Wenn diese Intensität noch nicht erreicht ist, entsteht erst ein gelber Farbstoff, das Etiolin (Xanthophyll), welches sich nach Wiesner verändert, wenn das eigentliche Chlorophyll entsteht, also wohl aus dem Etiolin hervorgeht. Auch bei einer Temperatur, welche zur Herstellung eigentlichen Chlorophylls noch zu gering ist, bildet sich schon das Etiolin, das seine Entstehung den schwächer brechbaren Strahlen des Spectrums hauptsächlich verdankt.[3]) Ist der Anstoß durch das Licht einmal gegeben, so kann der Prozeß des Ergrünens auch unter dem Einfluß der dunklen Wärmestrahlen stattfinden, wie Wiesner[4]) bei Keimpflänzchen gezeigt hat. Es ist dies ein Akt der Nachwirkung der gespeicherten Kraft, denn Mikosch[5]) hat nachgewiesen, daß bei intermittirender Beleuchtung junge, etiolirte Keimpflänzchen in derselben Zeit ergrünen, wie solche, bei denen die Lichtzufuhr ununterbrochen stattgehabt hat.

Auch bei der Umbildung des Etiolins in Chlorophyll sind nur bestimmte Strahlengattungen thätig; die Strahlen des äußersten Roth sind z. B. dazu unfähig. Von den durch das fertige Chlorophyll verschluckten Strahlen wird ein Theil zur Assimilationsarbeit, ein andrer Theil zu Oxydationszwecken verwendet werden, ja der Chlorophyllfarbstoff selbst erliegt langsam der Oxydation und wird zu Hypochlorin (Chlorophyllan)[6]) u. s. w., das auch wieder bei con-

---

[1]) Arbeiten d. Bot. Instituts zu Würzburg. Herausgegeben v. Sachs. Heft I.

[2]) Bot. Zeit. 1853, S. 750.

[3]) Elfving: Bot. Centralbl. 1880, S. 835.

[4]) Die Entstehung des Chlorophylls in der Pflanze, cit. Flora 1877, S. 303.

[5]) Mikosch und Stöhr: Untersuchungen über den Einfluß des Lichtes auf die Chlorophyllbildung bei intermittirender Beleuchtung. Verh. d. Wiener Akad. d. Wiss. 1880, cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 816.

[6]) Frank: Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XXIII, 1882. — Wiesner: Bot. Centralbl. 1882, X, S. 261. — Tschirch: Berichte d. Deutschen bot. Ges., I, Heft 3/4.

centrirtem Sonnenlichte zum Verschwinden gebracht wird.[1]) Dieser Oxydationsvorgang steigert sich bei Lichtintensitäten, die für den Assimilationsprozeß und den Prozeß des Ueberganges des Etiolin in Chlorophyll schon über das optimale Maß hinausgehen[2]) und daher herabstimmend wirken. Es tritt jetzt ein größerer Verlust an grünem Farbstoff ein, als Neubildung stattfindet und daraus resultirt der hellere oder gelbliche Farbenton überlichteter Blätter.

Bekannt ist die Erscheinung, daß die dunkelgrünen Blätter der Camellien nach dem Transport aus dem Glashause in's Freie an sonnigen Stellen Gelblaubigkeit zeigen. Die Camellie ist eine japanische Unterholzpflanze, die mit geringeren Lichtquantitäten schon zufrieden ist und bei den grellen Strahlen unserer Sommersonne mehr Chlorophyll durch Oxydation verliert, als durch den Reduktionsprozeß gebildet wird. Die Zersetzung des Chlorophylls durch Sauerstoffaufnahme (die übrigens auch bei Gegenwart von Körpern, die leicht Sauerstoff aus der Luft aufnehmen und ozonisiren [Terpentinöl] im Dunkeln stattfindet) ist ebenfalls an bestimmte Strahlengattungen gebunden. Nach Wiesner zeigen die gelben und die beiderseits benachbarten grünen und orangen Strahlen die größte Energie in der Zerstörung des Chlorophylls am Lichte. Je weniger Chlorophyllfarbstoff ein Korn besitzt, um so leichter wird es entfärbt werden, ebenso wie eine verdünntere Lösung sich rascher entfärbt, als eine concentrirte.

Ein anderes Beispiel von Gelblaubigkeit bei hoher Lichtintensität bieten einzelne gelbbunte Coleusvarietäten, welche sich anfangs grün entfaltende Blätter produziren, die erst beim Aelterwerden leuchtend gelbe Stellen annehmen. Es ist ferner die gelbblättrige Gartenvarietät von Origanum hierher zu rechnen, welche im Schatten grüner wird.

Nicht zu verwechseln damit ist die gelbe Färbung grüner, stark lichtbedürftiger Pflanzen im stark beschatteten Raume. Hier ist es die Zerstörung des Chlorophyllfarbstoffs durch unverbrannt bleibende und sich daher anhäufende, organische Säuren.

Bei greller Beleuchtung sehen wir die Pflanzentheile manchmal nicht blos vergilben sondern auch sich bräunen und absterben.[3]) Daß dieses Absterben eine spezifische Lichtwirkung und nicht eine Folge zu großer Temperaturerhöhung ist, geht daraus hervor, daß Chlorophyll unverändert[4]) bei Temperaturen von — 30 bis + 100 bleibt und andrerseits, daß die Zerstörung stattfindet bei

---

[1]) Pringsheim cit. von Pfeffer: Pflanzenphysiologie II, S. 448.

[2]) Wiesner: Untersuchungen über die Beziehungen des Lichtes zum Chlorophyll. Sitzungsberichte d. Kgl. Akad. d. Wissensch. z. Wien, Bd. LXIX, Abth. I, 1874, cit. Bot. Jahresb., II, S. 768.

[3]) Böhm: Versuchsstationen 1877, S. 463.

[4]) Wiesner: Die natürlichen Einrichtungen zum Schutze des Chlorophylls. Festschrift, cit. Bot. Jahresber. 1876, S. 728.

Strahlen kürzerer Wellenlänge, welche auch auf die Wachsthumsvorgänge und Protoplasmabewegungen am meisten influiren.

Die durch Kupferoxydammoniak gegangenen Strahlen eines concentrirten Sonnenbildes tödten manchmal schon nach wenigen Minuten, während dasselbe Lichtquantum nach dem Durchgange durch eine (nur das äußerste Roth durchlassende) Lösung von Jod in Schwefelkohlenstoff kaum oder erst sehr spät eine Störung hervorbringt.[1]) In diesem rothen Lichte aber tritt grade eine intensive Erwärmung hervor, in dem blauen nicht.

Selbst der rothe Farbstoff, der sich nach Batalin zwar auch noch bei absolut schwachem, aber doch immerhin intensiverem Lichte als zur Chlorophyllbildung nöthig, entwickelt, wird ebenfalls als gegen intensives Licht empfindlich angesprochen. So sah Batalin[2]) an verdunkelten Stellen von Keimlingen eine stärkere Röthung auftreten. Auch die Eigenschaft, sich im Dunkeln auszubilden, wenn vorher die Pflanzen einige Stunden im Lichte gestanden, theilt der rothe mit dem Chlorophyllfarbstoff. Unserer, bei Besprechung der Rothfärbung im Herbste entwickelten Anschauung nach erklärt sich die geringere Rothfärbung der beleuchteten Theile durch größere Assimilationsthätigkeit, welche den die Röthung hervorrufenden Oxydationsprozeß in den Hintergrund treten läßt.

Gegen die Beschädigungen durch Lichtüberschuß, die in der Weise zu Stande kommen, daß das Protoplasma, in welchem die Chlorophyllkörper eingehüllt liegen, eine molekulare, vorübergehende oder dauernde und zum Tode führende Umänderung erfährt und für Säuren und andere Stoffe durchlässig wird, die nun die Chlorophyllkörner angreifen und verfärben, finden wir bei verschiedenen Pflanzen eine Menge von Schutzvorrichtungen. Pringsheim[3]) sieht den Chlorophyllfarbstoff selbst als solche Schutzvorrichtung an, die einer zu starken Verathmung des erarbeiteten Assimilationsproduktes entgegentritt. Es ist gezeigt, daß das Chlorophyll als Regulator der Pflanzenathmung im Lichte durch seine starke Absorption der chemisch wirksamsten Strahlen die Athmungsgröße der grünen Pflanzen im Lichte unter die Assimilation herabdrückt und so die Ansammlung der kohlenstoffhaltigen Produkte und das Bestehen der Pflanze im Lichte ermöglicht. Uns will scheinen, als ob diese Anschauung sich mit der bisher gültigen, daß der Chlorophyllfarbstoff auch assimilirend wirken könne, recht gut vereinigen lasse. Wir sehen das Chlorophyll selbst als Assimilationsprodukt an, das bei der ersten Entwicklung der Pflanze aus vorgebildetem Material der Mutterpflanze hervorgeht; durch die Vorstufe des Etiolins tritt es in der beleuchteten Zelle in Arbeit. Die von ihm verschluckten Strahlen

---

1) Pringsheim: Jahrb. f. wiss. Bot. 1879, Bd. XII, S. 336.

2) Batalin: Die Einwirkung des Lichtes auf die Bildung des rothen Pigmentes. Acta horti Petropolitani 1879, t. VI.

3) Pringsheim: Zur Kritik der bisherigen Grundlagen der Assimilationstheorie der Pflanzen. Monatsber. d. Kgl. Akad. d. Wiss. zu Berlin, 7. Juli 1879.

kommen an ihm selbst zum Theil in Wirkung, indem die chemischen, nach Pringsheim die Athmung fördernden einen Theil des Chlorophylls veratbmen lassen, während die Strahlen mittlerer Brechbarkeit, denen man die höchste Assimilationsarbeit zuschreibt, thatsächlich Assimilationsprodukte und darunter also auch neues Chlorophyll bilden.

Da Assimilation und Athmung auch von den andern Vegetationsfaktoren (Wärme ꝛc.) abhängen, so kann bei derselben Lichtintensität bald Assimilation, bald Athmung vorherrschen, ebensogut als wenn Optimal- resp. Minimal- und Maximalgrenzen für beide Vorgänge bei verschiedenen Intensitäten liegen.

Als eine vortreffliche Schutzeinrichtung werden wir die dem Bedürfniß jedenfalls angepaßte Bewegungsfähigkeit der Chlorophyllkörner innerhalb der Zellen betrachten dürfen. Dieselbe erstreckt sich theils auf Aenderung ihrer Form, theils ihrer Stellung oder auch ihrer Gesammtlagerung. Wie Stahl[1]) zeigt, werden die Chlorophyllkörper im Pallisadenparenchym vieler Pflanzen bei starker Besonnung kleiner, flacher, weniger tief in das Innere der Zellen hineinragend und sich mehr der Wandung anlegend. Die Strahlen berühren also weniger Masse des Chlorophyllkorns, wenn sie parallel der Längsrichtung einer solchen Pallisadenzelle einfallen. Außer dieser Gestaltsänderung ist mehr oder weniger deutlich bei den verschiedenen Pflanzen eine Stellungsänderung der Chlorophyllkörper wahrnehmbar. Bei schwächerem (diffusem) Lichte stellen sich die Chlorophyllkörper senkrecht zum Strahlengange und bieten den Strahlen somit ihre ganze Breitseite dar (Flächenstellung); bei starker Beleuchtung dagegen fällt ihre Hauptebene parallel mit der Richtung, in welcher die Strahlen einfallen, und die Körper drehen der Lichtquelle somit ihre schmale Seite zu (Profilstellung). Dabei können sich bei zunehmender Stärke der Beleuchtung die Chlorophyllkörner in Haufen zusammenballen, wodurch sie einander auch noch gegenseitig schützen. Alle Wanderung der grünen Farbstoff haltenden Körner kommt wohl durch Gleitbewegung des Plasma's, dem sie eingebettet sind, zu Stande.

Wir haben schon früher von der durch Famintzin und Borodin erkannten Ortsveränderung der Chlorophyllkörner bei wechselnder Beleuchtung gesprochen und eine durch Besetzung der Außenflächen und der an Intercellularräume grenzenden Stellen charakterisirte Tagstellung (Epistrophe) von einer Nachtstellung (Apostrophe) unterschieden. Bei Letzterer werden meist die freien Außenflächen der Zellen entblößt, und die Körner wandern an die Seitenwandungen oder auch noch an die parallel der Oberfläche des Pflanzentheiles laufenden Innenwandungen, die an andere Zellwände angrenzen.[2]) Temperatur-

[1]) Stahl: Ueber den Einfluß, Richtung und Stärke der Beleuchtung auf einige Bewegungserscheinungen im Pflanzenreiche. Bot. Zeit. 1880, Nr. 18—23.

[2]) Frank: Ueber Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner ꝛc. Pringsheim's Jahrb., VIII, S. 220—250.

erniedrigung, Sauerstoffmangel, Verwundungen ꝛc. führen auch bei Beleuchtung zu einer der Nachtstellung ähnlichen Lagerung. Ebenso ist bereits der verwandten, aber doch wohl auseinanderzuhaltenden Wanderung der Chlorophyllkörner nach der Gegend der intensivsten Beleuchtung innerhalb geräumiger Zellen gedacht worden.[1]) Die Ortsveränderung bei Lichtüberschuß, bei der nur Profilstellung, nicht auch Auflagerung des Chlorophylls an inneren, parallel zur Oberfläche orientirten Wandungen eintritt, schließt sich also an die bei Lichtmangel an, ist aber mit derselben nicht ganz identisch, wofür Stahl einzelne Beispiele aufführt.

Auf die genannten Bewegungserscheinungen ist das häufig zu beobachtende, relativ schnell vorübergehende „Ausblassen" von dunkelgrünen Blättern bei greller Sonnenbeleuchtung, ebenso wie die Entstehung sog. Schattenbilder auf Blättern, die theilweis durch überstehendes Laub u. dgl. vor direkter Insolation geschützt sind, zurückzuführen.

Auch im Bau des ganzen Blattes nehmen wir Einrichtungen wahr, welche geeinget sind, schützend gegen Lichtüberschuß zu wirken.

Wir sehen nämlich,[2]) daß die Blätter an Pflanzen stark besonnter Standorte besonders mächtig entwickeltes Pallisadenparenchym besitzen. In diesen, in der Richtung der auffallenden Strahlen langgestreckten Zellen haben an und für sich die Chlorophyllkörner schon Profilstellung und fangen demgemäß weniger Licht auf; sie lassen viel Licht auf das darunterliegende, in der Richtung der Blatt-Fläche gestreckte Schwammparenchym und dessen in Flächenstellung befindliche Chlorophyllkörner fallen. Dies bezieht sich auf die Mehrzahl der Blätter, die mit ihrer Fläche horizontal gestellt sind; bei den mit dem Rande zenithwärts schauenden, vertikal gestellten Blättern zeigen beide Blattseiten Pallisadenparenchym.

Die Blätter der Schattenpflanzen weichen durchschnittlich, wie schon Treviranus[3]) bemerkt, im Bau von denen der Sonnenpflanzen ab. Bei den Schattenpflanzen ist das Pallisadenparenchym oft nur andeutungsweise vorhanden oder es fehlt; die Blätter bestehen fast ganz aus Schwammparenchym, wie z. B. bei dem Sauerklee (Oxalis acetosella). Manche Pflanzen, welche streng an den Schatten gebunden sind, werden jedenfalls darum nicht an sonnigeren Standorten gedeihen, weil sie den größeren Lichtmengen sich nicht accomodiren können. Dagegen besitzt die Mehrzahl unserer Kulturpflanzen die Fähigkeit, sich verschiedenen Lichtmengen anzupassen; sie richten dann den Bau ihrer Organe für den ihnen zugewiesenen Standort ein. Dies gilt z. B. für unsere

---

[1]) Frank: Ueber lichtwärts sich bewegende Chlorophyllkörner. Bot. Zeit. 1871, Nr. 14/15.

[2]) Stahl: Ueber den Einfluß der Lichtintensität auf Structur und Anordnung des Assimilationsparenchyms. Bot. Zeit. 1880, Nr. 51, S. 868.

[3]) K. Treviranus: Physiologie d. Gewächse, I, S. 542.

Waldbäume und namentlich für die Buche, bei welcher Stahl hervorhebt, daß die Schattenblätter meist größer und immer von zarterer Struktur sind. Ein unter starker Besonnung ausgebildetes Blatt fand dieser Forscher dreimal so dick als ein typisches Schattenblatt, das vorwiegend aus flachen Sternzellen gebildet war, während sich im Sonnenblatte fast nur Pallisadenzellen vorfanden. Stahl's Vermuthung [1]), daß die Ausbildung des Blattparenchyms von der Ausbildung der Gefäßbündel abhängt, hat große Wahrscheinlichkeit. Wenn bei geminderter Verdunstung und stärkerer Turgescenz sich die Elemente der Blattnerven bedeutend strecken, werden sie in ähnlichem Sinne auch die von ihnen ernährten Blattparenchymzellen beeinflussen können. Da die jugendlichen Blätter erst während der Entfaltung diese Gewebedifferenzirung erhalten, [2]) so wird man mit Sicherheit annehmen müssen, daß die Beleuchtungsverhältnisse sich selbst den nützlichsten Apparat erst aufbauen, und wir sehen dann auch hier wieder ein Beispiel dafür, daß der Pflanzenleib der Ausdruck der zur Zeit seiner Entstehung herrschenden Combination der Vegetationsbedingungen ist.

Abgesehen von den anderweitigen Schutzmitteln, die in stärkerer Behaarung, verdickteren Außenwandungen der Epidermiszellen, verstärkten Wachsüberzügen [3]) u. dgl. bestehen, sehen wir auch bei manchen Pflanzen periodische Blattbewegungen zur Abschwächung des Lichteinflusses auftreten. Bei den sog. Compaßpflanzen [4]) (Lactuca scariola und saligna, Chondrilla juncea u. A.) kehren die Blätter der aufgehenden Morgensonne ihre Breitseite zu. Mit dem Höhersteigen der Sonne wird somit der Winkel, unter welchem die Sonnen-

---

[1]) Aus Jena'sche Zeitschr. f. Naturwiss., XVI, cit. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XIV, S. 37.

[2]) Allerdings weist Pick (Bot. Centralbl. IX, S. 400, 1882) in seiner neuesten Arbeit eine Anzahl Pflanzen nach, bei denen schon in der Knospenlage das Blattmesophyll eine Differenzirung und Andeutung von Pallisadenzellen erkennen läßt. Es folgert der Verf. daraus, daß der Blattbau schon durch Erblichkeit in den meisten Fällen zur Ausbildung von einem, die assimilatorische Hauptarbeit leistenden Pallisadengewebe neigt. Trotzdem aber bestätigt Pick schließlich die Angaben Stahl's (mit Ausnahme der Ansicht über die Größe der Schattenblätter). Außerdem werden die Beobachtungen über den Lichteinfluß in der Weise erweitert, daß auch bei Stengeln die Ausbildung der Pallisadenzellen in der Rinde als vom Lichte abhängig nachgewiesen wird. Bestätigt werden ferner auch die von Frank (Pringsheim's Jahrb. IX, S. 147) gemachten Beobachtungen, daß die vertikal stehenden Thujazweige an beiden Seiten, die horizontal stehenden Zweige aber nur an der beleuchteten Oberseite Pallisadengewebe zeigen. Interessant sind die mit Blatthälften vorgenommenen Verdunklungsversuche, welche den Verf. zu dem Resultate ebenfalls führen, daß, wenn auch die Pallisadenform in den meisten Fällen durch erbliche Neigung angelegt wird, doch die Entwicklung durch die Stärke der Beleuchtung gefördert wird. Ja, bei Pflanzen, deren Assimilationsorgane vertikal stehen, kann durch stärkere Beleuchtung, bald auf der einen, bald auf der andern morphologischen Seite Pallisadengewebe hervorgerufen werden. In der Arbeit finden sich auch weitere Literaturangaben.

[3]) Wiesner: Bot. Jahresb. 1876, S. 728.

[4]) Stahl: Bot. Jahresb. 1881, I. S. 24.

strahlen das Blatt treffen, immer geringer, bis zur Mittagszeit nur der Rand gegen die Sonne steht. In den Nachmittagsstunden nimmt der Einfallswinkel wieder zu, so daß gegen Abend die Sonnenstrahlen wieder die Blattfläche senkrecht treffen. In dieser Weise erzielen die Blätter des Lattichs denselben Effect, den viele Papilionaceen durch Krümmung der Gelenkpolster erreichen. Daß durch intensive Beleuchtung mancher Blätter von der ersten Jugend an Buntblättrigkeit erzielt werden kann, ist bereits früher mitgetheilt worden. Peyritsch[1]) schreibt auch einer Einwirkung ungewohnter Insolation in einer bestimmten Zeit die Entstehung pelorischer oder abnormer, zygomorpher Blüthen zu. Er stützt sich dabei auf den Erfolg von Kulturversuchen.

5. Sturm.

Bei den Beschädigungen durch stark bewegte Luft begegnen wir in den Wäldern entweder dem „Windwurf" oder „Windbruch". Unter Ersterem verstehen wir das Stürzen des Stammes mit einseitigem Ausheben der Wurzelkrone. Windbruch, der wirthschaftlich schädlicher ist, zeigt den Stamm in einer gewissen Höhe abgebrochen.

In welcher Weise sich die Sturmwirkung äußert, hängt von Baumart, individueller Stammfestigkeit und Standort ab. Betreffs der Baumart läßt sich bemerken, daß zähholzige Gattungen, wie Birke, Fichte, Hain- und Rothbuche öfter geworfen, als gebrochen werden; Kiefer und Eiche brechen lieber. Auch die Art der Bruchwunde dürfte je nach den Gattungen verschieden sein; es scheint, als brächen die Kiefern kürzer ab, wogegen die Eiche länger einreißt und die spröde Akazie von der Bruchfläche aus tiefgehende Längsklüftungen des Stammstumpfes gern zeigt. In Bezug auf die individuelle Stammfestigkeit innerhalb derselben Art bemerkt man leicht, daß kernfaule Bäume am leichtesten brechen. Der individuelle Bau der Baumkrone, die den Hauptangriffspunkt am Hebelarm des Stammes bildet, ist ebenfalls sehr berücksichtigenswerth. Die Lage und die lokalen Standortsverhältnisse, welche den Bau des hier so wesentlich in Betracht kommenden Wurzelkörpers beeinflussen, sind vom weitgehendsten Einfluß. Auf tiefgründigem Terrain werden gesäete Bäume besser in der Regel aushalten, als gepflanzte, denen man zwecks leichterer Verpflanzbarkeit die Pfahlwurzel abgeschnitten hatte und die deßhalb flacher stehen. Bei flachgründigem Boden fällt der Vortheil der Pfahlwurzel weg und tritt die Ausbildung der Krone in den Vordergrund. Je höher dieselbe am sonst glatten Stamme beginnt, desto höher rückt der Schwerpunkt, desto gefährdeter wird der Baum. Pyramidale Kronen sind darum wahrscheinlich günstiger, wie dicht

[1]) Peyritsch: Untersuchungen über die Aetiologie pelorischer Blüthenbildungen. Abh. d. Wiener Akad. d. Wiss. 1877, cit. Bot. Z. 1877, S. 597.

kugelförmige. Die selbstverständliche Erscheinung, daß die Gefahr der Beschädigung um so größer, je exponirter die Stellung des Baumes, erleidet Ausnahmen. An Gebirgsabhängen bemerkt man manchmal, daß der Sturmschaden, namentlich der Windwurf, an der Windseite weit geringer ist, als an den Abhängen, an denen der Sturm abwärts geht. Ferner werden manchmal mitten in einem gleichmäßigen, alten Bestande ganze Complexe umgelegt. Erstere Erscheinung wird darauf zurückzuführen sein, daß der Wind, der bergaufwärts weht, dadurch mehr in seiner Wirkung gebrochen wird, daß er die Krone eines Stammes immer nur zum kleinen Theil fassen kann, weil davor eine andere der tiefer am Abhange stehenden Bäume sich befindet. Dieses etagenmäßige Ansteigen der Baumkronen kann man auch manchmal an bewaldeten und ebenen Küstengegenden wahrnehmen. Nur wird hierbei die Terrassirung der Baumkronen nicht durch die Bodenunebenheit bei gleichhohen Stämmen hervorgerufen, sondern durch die Verschiedenheit der Stammhöhe bei gleicher Bodenebene. Man wird bemerken, daß die Küstenwinde da, wo der Baumwuchs ihnen entgegentritt, die ersten Bäume nicht aufkommen lassen, sondern buschartig niederhalten. Erst in einiger Entfernung dahinter strecken sich mit der Entfernung zunehmend die Stämme bis zum Hochwald. Das Umstürzen ganzer Baumcomplexe im Innern eines gleichmäßigen Bestandes ist auf Wirbelwind zurückzuführen.

Berücksichtigenswerth sind Zeitdauer und Zeitpunkt der Sturmwirkung sowie die herrschende Witterung. In Regenperioden wird durchweichter Boden leichter nachgeben und zu Windwurf disponiren, während Frühjahrsstürme über gefrorenen Boden den Baum viel fester verankert finden und bei zunehmender Stärke mehr Windbruch veranlassen.

Außer diesen gröbsten, mechanischen Beschädigungen sind aber auch solche zu registriren, welche die Existenz des Individuums nicht vernichten, sondern nur vorübergehend oder dauernd schwächen.

Zu diesen Windwirkungen gehört die schiefe Richtung der Stämme. Die auffälligsten und häufigsten Erscheinungen bieten die Straßenpflanzungen, namentlich dann, wenn Gräben zu beiden Seiten der Chausseen oder Landwege laufen. Es läßt sich dann die auffällige Erfahrung machen, daß wenn die Straße senkrecht zur herrschenden Windrichtung (bei uns meistens West) sich hinzieht, diejenige Baumreihe, welche dem Windeinflusse zunächst steht, ziemlich gerade stehende Stämme behält, während die andere Seite des Weges mehr oder weniger tief geneigte, über den Graben überhängende, manchmal Säbelwuchs zeigende Stämme besitzt. Man ersieht daraus, wie ungleich die Wurzelstütze wirkt. Auf der Windseite einer solchen Straße, wo der Wind bei seinem Angriff zunächst die Grabenfläche trifft, ist der Wurzelapparat in anderer Weise entwickelt; auf dieser Seite konnte sich das Wurzelgeflecht weniger ausdehnen; dagegen ist es auf der Straßenseite stark befestigt. Der Winddruck findet durch

diese Stütze ein genügend starkes Gegengewicht. Auf der andern Seite der Straße liegen die Verhältnisse umgekehrt; da sind zwar auch die Wurzeln auf dem Straßentheil besser entwickelt, als am Grabentheil, aber diese Ersteren bilden hier die verankernden Wurzeln, welche den Zug des sich neigenden Stammes auszuhalten haben. Die stützende Seite ist hier die Grabenseite, und ihre schwache Entwicklung veranlaßt das Ueberneigen des Baumes nach dieser Seite. Es scheint daher, daß der wirksamste Schutz bei Obstbäumen der gegen die Windrichtung schräg gesteckte Pfahl, der den Baum stützt, sein wird; die jetzt häufiger in Anwendung kommenden Drähte vor der Windseite, welche also den Zug des Baumes auszuhalten haben, möchten sich als minder gut erweisen.

Der „Säbelwuchs“ wird sich in der Weise erklären lassen, daß der Baum allmählich in der Frühjahrs- und Sommerzeit, in welcher die Triebe sich ausbilden, durch den Wind geneigt wird. Die zu dieser Zeit fortwachsende Spitze des jungen Stammes strebt, sich immer in der Senkrechten zu erhalten, und krümmt sich um so mehr, je schneller der Baum zur Horizontalen gedrückt wird. Was hier von der Hauptachse gesagt ist, bezieht sich auch auf alle Zweige, welche in scharfen Windlagen thatsächlich einseitig fahnenartige Kronen darstellen.

Der fahnenartige Charakter liegt nicht nur in der Biegung der Aeste nach der Seite, wohin der Wind weht (bei uns nach Ost), sondern auch in der Verzweigung, welche bei größerer Länge der Haupttriebe spärlicher zu sein scheint. Die Zweige, welche dem Winde entgegen wachsen müssen, bleiben kürzer und sterben bisweilen ab. Bei den Obstbäumen tragen die fahnenartigen Kronen manchmal nur an der Peripherie Früchte, weil das Innere der Krone leicht zu dicht wird. Sobald der Stamm in hohem Grade aus der Lothlinie herausgedrückt ist, macht sich eine Ernährungsdifferenz der Ober- und Unterseite der Achse geltend, welche in der Erzeugung üppiger Laubachsen auf der dem Zenith zugewendeten Hälfte zum Ausdruck gelangt. In dem Maße wie die üppigen Holztriebe in ihrer Entwicklung fortschreiten, erhöht sich ihre Macht als Anziehungsheerd für das rohe Bodennährmaterial, das die Wurzeln zuführen. Je mehr Bodenlösung sie absorbiren, desto mehr geht der horizontalliegenden Parthie der Baumkrone von dieser Lösung verloren, und einzelne, abwärts gedrückte Aeste beginnen in Folge dessen abzusterben, während die neuen Laubachsen senkrecht aufwärts schießen und sich zu Wasserreisern ausbilden. Damit ist eine langjährige Unfruchtbarkeit angebahnt. Auch bei Waldpflanzungen in der Nähe der Küsten ist die einseitige Kronenentwicklung bemerkbar. Das Vertrocknen der Zweige wird z. Th. jedenfalls auf die stete Reibung durch den Wind zurückzuführen sein. Die Schwierigkeit in der Neubewaldung von Küstenstrichen ist nicht, wie wohl vielfach angenommen, durch den Salzgehalt der Seewinde, sondern einfach durch deren mechanische Wirkung zu erklären.

Die **Krüppelformen** der Bäume an den Küsten und an den Höhengrenzen des Baumwuchses verdanken in den meisten Fällen auch dem Winde ihre Entstehung. Die Wipfel werden zum Theil vertrocknen und vom Winde abgebrochen; zum andern Theil allerdings dürfte Schneebruch die hauptsächlichste Ursache sein. In der nächsten Vegetationsepoche versuchen die Bäume eines der obersten Seitenaugen zu einem neuen Gipfeltriebe auszubilden, was bei Nadelhölzern selbst unter geschützten Verhältnissen nur wenigen Gattungen gelingt, in Sturmgegenden aber noch weniger vorkommt. Die Folgen der Entspitzung machen sich durch vermehrtes Wachsthum der Seitenzweige bemerkbar, welche, oft gut benadelt, schlangenartig im Gestrüpp des Bodens dahin kriechen.

Bernhardt[1]) bezeichnet für Deutschland gewisse Gegenden als besonders oft heimgesuchte Sturmheerde. Beispielsweise seien Schwedt a. O., das schlesische Gebirge, der Bayerische und Oberpfälzer Wald, der Frankenwald und in beschränkter Weise auch das norddeutsche Küstenland (Mecklenburg, Holstein) zu nennen. In diesem Küstenlande herrschen im Allgemeinen Nordoststürme ebenso häufig, wie West- und Nordweststürme, während für Süddeutschland West- und Südwestwinde, im ganzen Norddeutschland aber West- und Nordwestwinde ein ausgesprochenes Uebergewicht besitzen.

Für die Erklärung des Säbelwuchses und anderer durch Wind bedingten Baumformen sind die sehr interessanten Untersuchungsergebnisse von G. Kraus[2]) von Wichtigkeit. Schüttelt man nämlich einen frischen, wachsenden Sproß einer krautartigen oder holzigen Pflanze, so daß er sich schließlich bogenförmig mit überhängender Spitze krümmt, dann ist sofort die Concentration des Zellsaftes auf der concaven und convexen Seite nicht mehr gleich; der Saft auf der convexen Seite ist concentrirter geworden. Die höhere Saftconcentration der convexen Seite ist mit einem wesentlich höheren Zuckergehalt verknüpft. Dieser Zucker ist eine Neubildung im Momente der Erschütterung. Die bemerkenswerthe Eigenthümlichkeit bezieht sich auch nicht blos auf die Achsenorgane allein, sondern auch die halbwüchsigen und ausgewachsenen Blattstiele zeigen das gleiche Verhalten. Die Zuckerbildung ist übrigens nicht an die Krümmung gebunden, sondern von der Bewegung an sich abhängig, und mit der Zuckerbildung geht häufig ein Verschwinden der freien Säure Hand in Hand.

Da man nun aus der örtlichen Vertheilung des Zuckers in den Geweben schließen kann, daß er in dem Stoffwechselprozesse des Pflanzenleibes eine (wenn auch nicht unmittelbare) Vorstufe der Cellulosebildung ist, so wird

---

[1]) Die Waldbeschädigungen durch Sturm und Schneebruch rc. Nach „Allg. Forst- u. Jagdzeitung“ in Forschungen auf d. Geb. d. Agrikultur-Physik 1880, S. 527.

[2]) G. Kraus: Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze, II. Der Zellsaft u. seine Inhalte. Sep.-Abdr. aus d. Abhandl. d. Naturforsch.-Ges. zu Halle. Bd. XV, cit. Bot. Zeit. 1881, S. 389.

man sich sagen müssen, daß mit der Erhöhung der Zuckerbildung im windbewegten Pflanzentheil die Cellulosebildung und Zellwandausbildung beschleunigt wird. Es ist verhältnißmäßig selten, daß Pflanzentheile auf der Zuckerbildungsstufe in ihrer Entwicklung stehen bleiben; viel häufiger ist der Prozeß, namentlich am wachsenden Sproß, daß der Zucker in dem Maße verschwindet, als die Zellen dickwandiger werden. Wir werden also in der Deutung kaum fehlgehen, daß die Krümmung durch den Wind schneller dadurch fixirt wird, daß die convexe Seite der Krümmung leichter Zucker und Cellulose bildet und mit ihrem Wachsthum schneller fertig wird, als bei einem nicht vom Winde bewegten Achsentheil. Bedenken wir, daß für Licht- und Wärmewirkung sich die Biegungsstelle günstiger stellt, so ist das frühere Abschließen der Zellstreckungsperiode eigentlich selbstverständlich. Der Zweig erhärtet früher und wird nicht so lang; daher also der gedrungenere Bau auf der Windseite und die schlanke bis peitschenförmige Zweigbildung der windgeschützten Seite.

Daß Saatbeete und junge Pflanzungen bei leichten Bodenarten bisweilen verweht werden können, daß flache Ackerkrumen durch plötzliche, unvorsichtige Entfernung schützender Waldstreifen abgeweht und unfruchtbar werden können und daß man gegen alle die verschiedenen Windbeschädigungen am besten durch den Verhältnissen angepaßte Schutzpflanzungen vorbauen wird, bedarf keiner eingehenderen Besprechung. Es dürften die Nadelhölzer sich als die günstigsten Bäume zum Windschutz empfehlen.

Als leichtere Sturmbeschädigungen mögen hier noch die Blattverletzungen angeführt werden, welche durch Reibung der bei der Entfaltung vorstehenden Kanten sich bilden. Besonders häufig werden derartige, durchgeriebene Stellen bei den gefaltet aufbrechenden Blättern der Roßkastanie und Buche bemerkt.[1]) Einen wesentlichen Einfluß auf die Produktion des Individuums kann man solchen Beschädigungen nicht beimessen; wohl aber scheint der Wind auf die Ausbildung der Jahresringe einzuwirken. Es liegen Angaben darüber vor, daß die dem Windeinfall abgewendete Seite eine Wachsthumsförderung zeigt. Geworfene Bäume bilden, wenn sie mit einer Seite der Wurzelkrone im Boden verbleiben, alsbald wieder ansehnliche Holzmengen, wenn sie auch natürlich im Sturmjahre um ein Bedeutendes zurückgehen.[2])

Nicht zu vergessen ist schließlich auch die austrocknende Wirkung des Sturmes, die in der heißen Sommerzeit am gefährlichsten wird und sicherlich mit zu der Erscheinung beiträgt, daß die Blätter reichlich abfallen, wenn nach einer längeren Trockenperiode anhaltende Nässe sich einstellt. Das Schwarzwerden junger Spitzen von Birnentrieben nach heißen, stürmischen Sommertagen

---

1) Caspary: Bot. Z. 1869, Sp. 201.
Magnus: Verh. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, XVIII, S. IX.

2) Uhlig in Tharander forstl. Jahrb. 1880, Bd. 30, S. 161.

und das Schrumpfen sowie die Bräunung der jüngsten Triebe von weichen Weidenarten (Salix babylonica) dürfte nicht auf die Reibung allein zurückzuführen, sondern vorzugsweise der austrocknenden Wirkung des Windes zuzuschreiben sein. Hierher gehört auch das bei windigem Wetter in exponirten Lagen stattfindende Peitschen der Hopfenranken, wodurch die Kätzchen bisweilen nothreif werden.[1]) Auch ein „Rothwerden“ der Hopfenkätzchen durch Windschlag ist von den Züchtern beobachtet worden.

6. Blitzschlag.

Trotz zahlreicher Beschreibungen von Zerstörungen der Pflanzenwelt durch Blitzschläge sind wir zu einer genauen Einsicht über die Wirkungsweise des Blitzes noch nicht gelangt. Wir werden, wie bei den Frostbeschädigungen, mit denen die vom Blitz hervorgerufenen Verletzungen mancherlei Aehnlichkeit haben, eine mechanische und eine chemische Wirkung bei der electrischen Entladung auseinanderzuhalten haben, und auch bei dem Blitzschlag dürfte die mechanische Wirkung die weitaus vorherrschende sein. Cohn,[2]) dem wir eine Zusammenstellung von 41 Blitzschlägen und reiche Literaturangaben verdanken, ist der Meinung, daß, wenn der Blitz in einen Baum gelangt ist, der Hauptstrom der Electricität nach Durchbrechung der Rinde in der gut leitenden Cambialschicht weiter geht; die „hierdurch sich entwickelnde Erwärmung verdampft augenblicklich die in den Cambiumzellen enthaltene Flüssigkeit ganz oder zum Theil; der gespannte Dampf wirft die Rinde mit der daran hängenden Bastschicht ganz oder in einzelnen Fetzen oder Streifen ab“. Die Bruchstücke findet man häufig auf große Entfernungen hin geschleudert. Neben diesem Hauptstrome wäre ein Nebenstrom durch den schlechter leitenden Holzkörper die Veranlassung der Holzspaltungen, die an den Orten der geringsten Festigkeit und zwar in Folge einer plötzlichen Austrocknung durch Verdunstung des Saftes entstehen. Somit wären nach der Cohn'schen Anschauung weder Holzspalt, noch der abgelöste Rindenstreifen als Zeichen für die Bahn des Blitzes anzusehen, sondern lediglich als die Region der geringsten Widerstände zu deuten. Wir möchten dagegen mit Caspary glauben, daß der Verletzungsstreifen die thatsächliche Blitzspur ist.

So lange experimentelle Beweise durch Einwirkung künstlich erzeugter Electricität fehlen, läßt sich ein positives Urtheil über die Richtigkeit der

---

[1]) Wirth-Tettnang in „Beobachtungen über die Kultur des Hopfens“, herausgegeben v. deutschen Hopfenbauverein 1880.

[2]) Cohn: Ein interessanter Blitzschlag. Verh. d. Kais. Leop. Carol. Akad. d. Naturf. Vol. XXVI, P. I.

Ueber die Einwirkung des Blitzes auf Bäume. Denkschrift d. Schles. Ges. f. vat. Kultur 1853, S. 267 ff.

Cohn'schen Anschauung nicht fällen. Daß die von Cohn vermuthete, starke, plötzliche Verdunstung der vom Blitz getroffenen Gewebe das explosive Fortschleudern der Rinden- und Holzsplitter veranlasse, ist durch mancherlei Erscheinungen nahe gelegt. Zunächst findet man wirklich stark ausgetrocknete Splitter; sie gelangen nur darum wohl selten zur Beobachtung, weil die Gewitter in der Regel von Regengüssen begleitet sind, die die ausgetrockneten Späne sofort wieder näßen. Auch die Erscheinung, daß Bäume durch den Blitz entzündet werden, spricht für die austrocknende Wirkung desselben. Es muß hierbei jedoch gleich bemerkt werden, daß bisher kein Fall mit Sicherheit constatirt worden ist,[1]) in welchem durchaus gesunde Bäume in Brand gerathen wären; vielmehr zeigen die meisten Beobachtungen, daß eine Entzündung nur bei kernfaulen Stämmen zu Stande gekommen ist.

Für die Art und Weise der Blitzbeschädigung ist neben der Intensität des Strahles jedenfalls die Individualität des Baumes von großem Einfluß. Man findet, daß die einzelnen Baumarten vielfach übereinstimmende Verletzungen zeigen und daß gewisse Arten ganz besonders, andere sehr selten dem Blitzschlag ausgesetzt sind.

Betreffs der Charakteristik der Verletzungen läßt sich zunächst angeben, daß zwar die Mehrzahl der Fälle eine Bloßlegung des Holzkörpers durch abgesprengte Rinde zeigt, daß aber bei gut leitenden Arten und jungen Exemplaren Blitzschläge vorkommen, die gar keine sichtbare Verletzung hinterlassen. Bei den Pyramidenpappeln schlägt der Blitz in der Regel nicht in die Spitze, sondern tiefer abwärts am Stamm ein, so daß der größte Theil der Krone unverletzt bleibt, und geht in einem graden oder nur wenig spiralig gewundenen Schmetterstreifen stammabwärts. Holz- und Rindensplitter werden abgesprengt; an den Rändern des Schmetterstreifens ist die Rinde vom Holze abgehoben, die Ränder selbst sind unverfärbt. Bei den Eichen dagegen wird der Wipfel getroffen und häufig aus der Krone starke Aeste getödtet und abgeschlagen. Der Schmetterstreifen zeigt meist stark spiralige Drehung[2]) am Stamme, dessen Holzkörper eine mehr rinnenartig ausgehöhlte Blitzspur zeigt, während bei der Pappel scharfkantige Spalten den Verlauf des Strahles andeuten. Namentlich bei Eichen erzeugt der Splitzschlag neben radialen auch viele tangentiale Zerklüftungen in der Richtung des Jahresringes. Jedenfalls hängt die Richtung und Gestalt des Schmetterstreifens vom Holzbau ab. Je spiraliger der Verlauf der Holzfaser, desto mehr dreht sich auch der Streifen, was sich daraus erklärt, daß der Blitzstrahl dem Wege der besten Leitung folgt. Bei

---

[1]) Caspary: Mittheilungen über vom Blitz getroffene Bäume und Telegraphenstangen. Schriften d. phys. ökonom. Ges. zu Königsberg 1871, cit. Bot. Z. 1873, S. 410. Beyer: Blitzschlag. Verh. d. bot. V. d. Prov. Brandenb., 28. Jan. 1876.

[2]) Buchenau: Abhandl. d. naturwiss. Ver. zu Bremen, Bd. VI. — Schriften d. Leopold. Akad. d. Naturf., Bd. XXXIII, 1867.

Caspary's [1]) Versuchen über die Wirkung des Entladungsfunkens einer mit 50 Umdrehungen geladenen Leydner Flasche bestätigt sich die von Villari gefundene Thatsache, daß der electrische Funken im Holz in longitudinaler Richtung eine viel längere Strecke durchschlägt, als in transversaler. Außerdem zeigt sich, daß das Holz in tangentialer Richtung dem Funken größeren Widerstand leistet als in radialer. Das Verhältniß der Schlagweite in longitudinaler, radialer und tangentialer Richtung betrug nach Caspary bei frischem Lindenholz 19 : 2 : 1, bei trocknem Fichtenholz 7 : 2 : 1. Immer zerriß das Gewebe in der Bahn des Funkens und wurde eine weitausgebreitete Zerstörung des Zellinhalts in Folge der Hitze wahrgenommen.

Diese Folge des Blitzschlages dürfte überall nachweisbar sein, und in den Fällen, in denen äußerlich keine Verletzung erkennbar, dürften doch eng begrenzte, leicht übersehbare Eintrittsstellen des Blitzstrahls niemals fehlen. Colladon [2]) beobachtete auch z. B. bei einer Pappel und Fichte auf den von der Rinde entblößten Flächen besonders charakteristische, kreisrunde Stellen, die in Folge sehr starker lokaler Austrocknung des jungen Holzes entstanden zu sein schienen und durch concentrische, dunkelgelbe und braune Ringe gefärbt waren. Es sind auch noch eine Anzahl anderer Fälle bekannt geworden, in denen kreisrunde, kleine Flecke auf Eintritts- oder Austrittsstellen des Blitzstrahls hindeuten. In vielen Fällen trifft der Blitz aber nicht eine einzelne Stelle, sondern verbreitet sich über die Gesammtheit der oberen oder mittleren Zweige, von denen jeder seinen Antheil von Electricität erhält und damit den Hauptstrom im Stamme vermehrt. Bei Weinstöcken, die reihenweis in gleicher Entfernung standen, sah Colladon, daß die getroffene Bodenoberfläche einen regelmäßigen, scharf abgeschnittenen Kreis von 6 bis 20 m darstellte, in dessen Mitte die stärkste Wirkung wahrzunehmen war. Aehnliches berichtet Pfau-Schellenberg. [3]) Baur theilt 7 verschiedene Fälle [4]) an Waldbäumen mit, in denen ebenfalls ganze Gruppen im Umkreise eines vom Strahl direkt getroffenen Baumes abstarben. Sämmtliche Fälle beziehen sich auf Fichte, Tanne und Kiefer; jedoch ist anzunehmen, daß bei den Laubbäumen sich ähnliche Erscheinungen zeigen werden. Bei Obstbäumen soll, wenn auch nur wenige Blitze in einen Obstanger schlagen, nach Christ der Blitzstrahl bisweilen Unfruchtbarkeit erzeugen, indem die grade geöffneten Blüthen wie versengt aussehen. Knospen und abgeblühte Blumen leiden nicht. Die Behauptung vieler Praktiker, daß manche Baumarten (Rothbuche, Birke) vom Blitz verschont

[1]) a. a. O.

[2]) Colladon: Die Wirkung des Blitzes auf Bäume, cit. in Biedermann's Centralblatt 1873, S. 153. Bot. Z. 1873, S. 686.

[3]) Thurgauer Blätter für Landwirthschaft, Sept. 1877.

[4]) Baur: Der Blitz als Waldverderber. Monatsschrift f. Forst- u. Jagdwesen v. Baur, Jahrg. 17, Märzheft.

würden, ist überhaupt nicht glaubhaft. R. Hartig, der, wie auch Beling[1]) weitere Angaben über das Absterben ganzer Baumgruppen macht,[2]) fand, daß an den vom Blitzstrahl getroffenen und an zahlreichen Nachbarkiefern der Bastkörper getödtet erschien. Derselbe Beobachter erwähnt auch eines Falles, bei welchem in einem gemischten Fichten- und Eichenforste mit vorwüchsigen Fichten nur die unterdrückten (12) Eichen Blitzschläge erkennen ließen, während die Fichten völlig verschont geblieben waren. Daß in gemischten Beständen die Eichen besonders häufig vom Blitze leiden, ist öfter ausgesprochen worden; ebenso daß auch andere, nicht durch ihre Höhe etwa ausgezeichnete Bäume und Gebäude in gewissen Lokalitäten dem Blitzstrahl vorzugsweise zum Opfer fallen.[3])

Die als erwiesen zu betrachtende Bevorzugung gewisser Baumarten, in den verschiedensten Lokalitäten vom Blitze heimgesucht zu werden, kann zur Zeit nicht erklärt werden. In Betracht zu ziehen sind sicher außer der dominirenden Stellung der Bäume durch Wuchs oder Standort auch die habituelle Eigenthümlichkeit, wie z. B. bei den Eichen sparrig ausgereckte, leicht absterbende, starke Aeste. Wahrscheinlich sind auch der Wassergehalt des Individuums und die im Stamme herrschenden, normalen electrischen Ströme von Einfluß. Es ist in dieser Beziehung auf eine Arbeit von Velten[4]) hinzuweisen, der bei der überwiegend größeren Menge seiner Versuchspflanzen fand, daß sich ein Strom geltend macht, der im ableitenden Bogen von der unverletzten Epidermis zum Querschnitt circulirt, wenn man quer herausgeschnittene Stengel, Aeste und Blatttheile, sowie astfreie Wurzelstöcke mit den unpolarisirbaren Electroden derart vereinigt, daß die eine Electrode die natürliche (unverletzte) Längsfläche und die andere den künstlichen Querschnitt berührt. Der Querschnitt verhält sich hiernach negativ gegen den natürlichen Längsschnitt. Dieser Strom ist von Ranke der „falsche Strom“ genannt worden, weil bei ihm eine ausgesprochene Gesetzmäßigkeit nicht existirt und er mit der Pflanze als solcher in keiner Verbindung steht. Der von Ranke aufgefundene „wahre Strom“ macht sich erst geltend, wenn die nicht leitungsfähige Epidermis, die einen zu großen Widerstand bietet und in der Regel den wahren Strom nicht durchläßt, entfernt wird. Dieser „wahre“ Strom geht umgekehrt wie der falsche Pflanzenstrom und der thierische Strom (derjenige der Muskeln und Nerven); er ist ein dem Pflanzenkörper als solchen zukommender Strom und wird nicht (wie experimentell nachgewiesen) etwa durch die Ungleichartigkeit der mit den Electroden in Verbindung stehenden Säfte hervorgebracht. Wahrscheinlich hat er wohl seinen Ausgangspunkt in den chemischen Gegensätzen der kleinsten

[1]) Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen, Nov. 1873.
[2]) Bot. Jahresbericht v. Just, 1875, S. 956.
[3]) Landwirth 1875, S. 400 u. 513. — Gard. Chronicle 1878, II, S. 667.
[4]) Velten: Ueber die wahre Pflanzenelectricität. Bot. Zeit. 1876, S. 273.

Theilchen der plasmatischen Substanzen oder der Membranen oder in der Wechselwirkung beider zugleich.[1] Freiwillig absterbende Pflanzentheile zeigen **nicht** mehr den wahren Strom; dagegen besitzen die durch Alkohol oder heißes Wasser plötzlich getödteten Theile gewöhnlich noch diesen Strom; die Lagerung der Theilchen, welche die Ursache der electromotorischen Wirksamkeit abgiebt, **bleibt** bei der plötzlichen Todesart gleichsam fixirt.

Bei der durch Blitzschlag veranlaßten Tödtung des Baumes erfolgt kein Abfallen des Laubes; der Tod scheint so plötzlich einzutreten, daß eine Trennungsschicht an der Blattstielbasis sich nicht erst ausbilden kann. Jedoch sterben durchaus nicht alle vom Blitz getroffenen Bäume; häufig überwallen die Schmetterstreifen mit der Zeit, und die neuen Jahresringe halten auch das im Innern mehr oder weniger zerklüftete Holz zusammen; der Nutzwerth der Stämme ist aber freilich meist ein minimaler.

Neuerdings sind auch Versuche über den **Einfluß der Luftelectricität auf die Ernährung** der Pflanzen ausgeführt worden; indeß sind die von den verschiedenen Forschern erhaltenen Resultate noch so widersprechender Natur,[2] daß ein bestimmter Schluß verfrüht wäre.

7. Hagel.

Von den durch Hagel hervorgebrachten Beschädigungen sind alle diejenigen von einer näheren Besprechung auszuschließen, die den baldigen Tod des In-

[1]) In der Anschauungsweise der Du Bois-Reymond'schen Molekulartheorie der thierischen Electricität äußert sich Ranke über die wahre Pflanzenelectricität, deren Gesetze analoge sind: „Wir dürfen uns auch das Innere der regelmäßig electromotorisch wirkenden Pflanzentheile gleichmäßig erfüllt denken von kleinen, in eine leitende Substanz eingebetteten, peripolar angeordneten Molekülen (Massentheilchen) deren Achsen, welche die beiden Pole jedes Moleküls verbinden, sämmtlich untereinander und der Achse des Pflanzentheils parallel sind . . . Das Gesetz der Pflanzenelectricität verlangt für jedes ihrer Moleküle zwei positive Polar- und eine negative Aequatorialzone. Neuerdings sprach **Kunkel***) die Hypothese aus, daß es die Wasserbewegungen seien, welche die electromotorischen Kräfte hervorrufen.

[2]) Grandeau, Compt. rend. t. LXXXVII, S. 60.
Celi, Compt. rend. t. LXXXVI, S. 611 (1878).
Naudin, Compt. rend. t. LXXXIX (1879), No. 12.
Maccagno: Influenza dell elettricità atmosferica etc. Bot. Jahresbericht 1880, I, S. 262.
Saikowicz: Wiederholung der Versuche v. Grandeau; ibid.

*) **Kunkel**: Ueber einige Eigenthümlichkeiten des electrischen Leitungsvermögens. Arbeiten d. bot. Instituts zu Würzburg, Bd. II, Heft 1. „Die an Pflanzen beobachteten electromotorischen Wirkungen sind durch Wasserströmungen veranlaßt, die ich entweder durch das Anlegen der Electroden erst hervorrufe, oder die durch active und passive Bewegungen der Pflanzen bedingt sind.“

dividuums zur Folge haben. Die Pflanzen sterben, weil ihre Vegetationsorgane durch mechanische Schläge zu Grunde gerichtet worden sind. Solche Fälle treten indeß nur bei krautartigen Pflanzen und bei Sämlingen von Holzpflanzen ein, bei denen die meist erhaltene Stengelbasis zur Reproduktion unfähig ist und Wurzelausschlag nicht gebildet werden kann. Es kann sich hier nur um die Schädigungen handeln, die nicht den Tod sondern nur Störungen in der Produktion hervorbringen. Alle Hagelschäden stellen Wunden mit Substanzverlust dar; eine chemische Einwirkung in Folge der Kälte des Hagelkorns ist nicht nachweisbar, sondern nur eben der mechanische Schlag, der entweder einzelne Parthien des Gewebes quetscht und durch Vertrocknung zu Grunde gehen läßt oder der Blätter und Achsen zerfetzt, indem er mehr oder weniger große Parthien abschlägt.

Um einen Einblick in die verschiedenen Wirkungen des Hagelschlages zu erlangen, sei hier ein kleines Stück eines Roggenhalmes vorgeführt, der an den Stellen g, z und v vom Hagel getroffen worden ist. Bei Betrachtung eines solchen Halmes nach einem Hagelschauer, der nicht so stark gewesen, daß Blätter oder Aehren abgeschlagen oder gar die ganzen Halme geknickt worden wären, bemerken wir bekanntlich weißliche oder weiße Flecken auf der grünstreifigen Oberfläche. Die Streifung entsteht durch abwechselnde Lagerung von dunkelgrünen Furchen und helleren Linien. Im Querschnitt erkennt man, daß diese Furchen aus einem weichen, Chlorophyll führenden Rindenparenchym bestehen, während die helleren Streifen aus dickwandigen, faserartigen Zellen (f) zusammengesetzt sind. Diese Faserstränge geben dem Halme seine Festigkeit; je dickwandiger dieselben, desto widerstandsfähiger und weniger zum Lagern geneigt zeigt sich der Halm. In vorliegender Zeichnung (Fig. 23) erweisen sich die grünen Parthien am meisten verändert. Während bei g die Zellen unversehrt erscheinen, zeigen sich bei z nur noch gerüstartig untereinander verbundene, trockene Zellhäute, die weiter nach der inneren Halmwandung zu noch in grünes, lebendes Gewebe u übergehen. Hier hat also der Schlag des Hagelkorns in der Weise gewirkt, daß die Oberhaut des Halmes e gar nicht zerstört worden ist, wohl aber hat das weichere, darunter liegende Rindenparenchym derartige Quetschungen davon getragen, daß ein Theil der Zellen allmählich abgestorben ist. Das dahinterliegende, chlorophyllhaltige Gewebe zeigt aber, daß der Schlag hier an dieser Stelle nicht so heftig war, wie bei v. Dort verblieben nur noch wenige Reste von Zellwandungen des ehemaligen, saftigen Rindengewebes, und an dieser Stelle hat das Hagelkorn solche Gewalt gehabt, daß es die derbwandige zähe Oberhaut bei o entzwei geschlagen hat. Durch die damit entstandene Oeffnung ist die Luft in die Wunde getreten, und in Folge dessen erscheint ein solcher Hagelfleck für das bloße Auge weiß, während bei u immer noch ein grünlicher Farbenton bemerkbar sein wird.

In ähnlicher Weise wird sich der Gewebeverlust bei andern paren-

chymatischen Pflanzentheilen gestalten und je nach der Größe dieses Verlustes wird die assimilatorische Thätigkeit sinken. Indeß dürfte dieses Herabdrücken der Lebensthätigkeit nur dann von hervorragendem Einfluß werden, wenn das

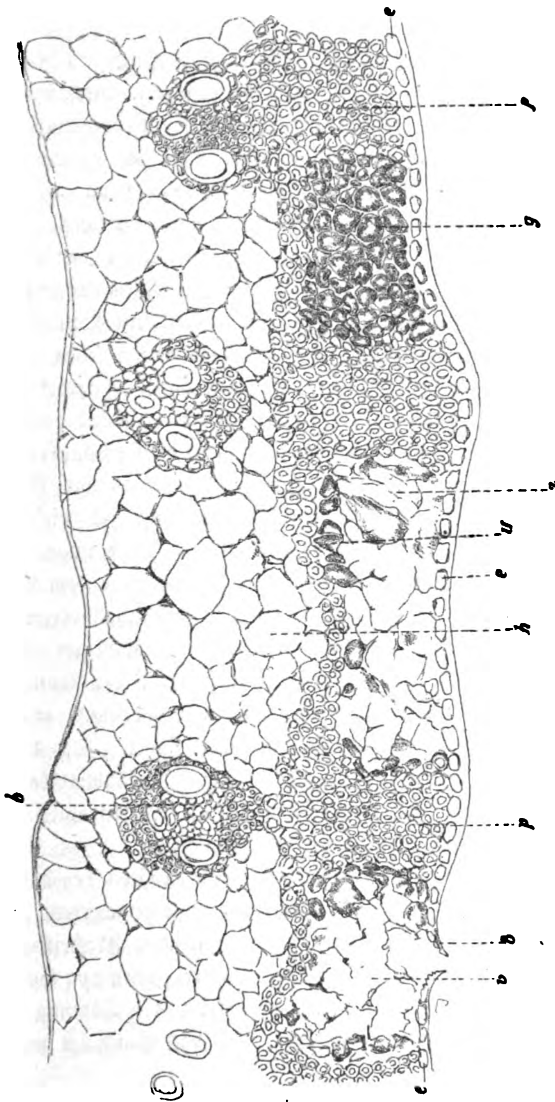


Fig. 23. Hagelschlag an Roggenhalmen.

g Gesundes, chlorophyllhaltiges Gewebe — z vom Schlag zerrissenes, parenchymatisches Gewebe — u gesundes Rindenparenchym — v völlig zerstörtes parenchymatisches Gewebe — o zerschlagene Oberhaut — h Halmparenchym — b Gefäßbündel — p Stränge faserartiger Zellen.

Hagelwetter zu einer Zeit eintritt, in welcher die Bildung des vegetativen Apparates bereits beendet worden und die Pflanze in die Reproduktionsepoche eintritt, in welcher sie die plastischen Stoffe aus den Blättern heraus zieht

und zum Aufbau der Früchte verwendet. Bei den Früchten dagegen, namentlich bei dem Kernobst, sind aber auch schon die kleinsten Hagelflecken von Bedeutung. Die Schlagstellen zeichnen sich alsbald durch andere Färbung aus, und das Parenchym des Fruchtfleisches wird dort zähe; die Frucht verliert an Marktwerth.

Hoch bedeutsam sind die durch Hagelschlag hervorgerufenen Rindenwunden, welche an sich in der Regel von geringer Ausdehnung, durch ihre Häufigkeit aber wesentliche Schädigungen repräsentiren. Soweit ich derartige Verletzungen an Obstbäumen zu sehen Gelegenheit gehabt, habe ich gefunden, daß die Störung im Gewebe sich nicht blos auf die Hagelstelle selbst erstreckt, sondern auch seitlich noch, ähnlich wie bei Frostwunden, sich fortpflanzt. Die Hagelwunden an den diesjährigen Zweigen, an denen sie relativ den beträchtlichsten Schaden verursachen, haben große Aehnlichkeit mit gewissen Frostwunden. Hier wie dort pflanzt sich die Störung von der eigentlichen Wundstelle in der Form einer Rindenlockerung seitlich fort. In Folge davon sehen wir im Querschnitt von der todten Zone aus Streifen von meist stärkegefülltem Holzparenchym sich in das normale Holz einschieben und dasselbe dadurch lockern. Es wird dadurch spröde und brüchig, und dies dürfte besonders bei solchen Baumarten in's Gewicht fallen, deren Zweige als Bind- und Flechtmaterial Verwendung finden (Weide, Birke). Unterscheiden läßt sich die Hagelwunde von der Frostbeschädigung oft durch ihre Lage im Jahresringe. Da Hagel meist in der heißen Zeit auftritt, so liegt die Wunde nahe dem Abschluß des Jahresringes, während der Frühjahrsfrost in der Frühlingsholzzone sich vorfindet. Auffallend ist, daß unter den Hagelstellen diesjähriger Zweige, auf welche ein Frost überhaupt noch gar nicht eingewirkt haben kann, man bisweilen in dem Radius der Wundstelle die Markkrone gebräunt, namentlich den Spiralgefäßtheil des Gefäßbündels stark verfärbt findet. Da das zwischen der Wundstelle und der Markkrone liegende Holz des Gefäßbündels gesund ist, so bleibt nur der Schluß, daß (vielleicht durch die Markstrahlen) eine Fortpflanzung der Störung nach dem Marke hin erfolgt.

Oftmals lassen sich auch die Hagelwunden von Frostwunden dadurch unterscheiden, daß bei Ersteren sehr bald wieder geradlinigt gefächertes, gefäßreiches, normales Holz auftritt, während bei den verheilenden Frostrissen durch die größere Ausdehnung der Ueberwallungsränder größere Zonen von Holzparenchym zu finden sind. Bei schwachem Hagelschlag erfolgt die Tödtung der Rinde innerhalb der Schlagfläche nicht gleichmäßig, und das Cambium wächst lückenhaft weiter.

Bei der Unregelmäßigkeit der Heilung löst sich an den Wundstellen die Rinde schlecht und unregelmäßig vom Holze, und dies giebt im Eichenschälwaldbetriebe Veranlassung, daß die verhagelten Eichenschossen sich schlecht schälen lassen.

Bisweilen kann ein solcher Umstand auch nützlich wirken. Bei Obstbäumen mit üppigen Holztrieben kann eine so plötzliche und vielseitige Entstehung von Wunden und die darauf folgende Produktion von langsam Wasser leitendem Holzparenchym die Triebkraft derartig mäßigen, daß nun Blüthenansatz in Folge dessen eintritt. Leider ist aber der andere Fall häufiger, daß nämlich die Hagelwunden Ausgangsstellen für andere Krankheitserscheinungen werden. Wenn feuchte Witterung längere Zeit nach dem Hagelschlag anhält, zeigen sich nicht selten Anfänge von Wundfäule, Pilzfäule u. dgl. Bei Amygdalaceen bürgert sich leicht Gummifluß ein. Solche Folgekrankheiten können nachher Veranlassung zum Absterben von Zweigen geben. Betrifft dieses Absterben die Gipfeltriebe junger Bäume, so sind verkrüppelte Kronen oder bei Sämlingen krüppelhafte Stämme die nicht seltene Folge.

In Obstbaumschulen wird nach heftigem Hagel, der die glattrindigen Stämme stark beschädigt hat, sich oft als das beste Mittel das Zurückschneiden der Stämme über der Veredelungsstelle empfehlen, um einen ganz neuen Stamm zu erzielen. Auch bei älteren Stämmen mit stark verhagelter Krone, die ja oftmals auch noch durch die vom Sturm abgerissenen Aeste deformirt ist, wird man im folgenden Frühjahr durch zweckmäßiges, tiefes Zurückschneiden die Krone z. Th. neu zu bilden suchen müssen. Obgleich die Reproduktionskraft zur Zeit der Hagelschäden in der Regel eine große im Baume ist, so daß die Wunden leicht überheilen können, so wird man doch bei glattrindigen Stämmen, die größere Parthien von Rinde durch die dicht neben einander aufgeschlagenen Körner losgeplatzt zeigen, zum Verdecken der Wunde durch eine Baumsalbe schreiten müssen. Nachdem die Quetschwunden der Hagelkörner durch Ausschneiden mit einem scharfen Messer in leichter heilende Flachwunden umgewandelt worden sind, verwende man eine Mischung von Lehm und strohfreiem Rindsdung mit Asche oder Schieferstaub, die zur Salbenform zusammengeknetet sind. Bei der augenblicklich herrschenden Manie, alles durch Düngung curiren zu wollen, ist es nicht zu verwundern, daß auch bei starken Beschädigungen mit Substanzverlust, wie Sturm und Hagel hervorbringen können, sofort zum Düngen geschritten wird. Wir rathen aber davon ab; selbst auf magerem Boden dünge man erst dann, wenn der Baum bereits wieder neue Triebe gemacht hat. Größere Querwunden, die längere Zeit zur Ueberwallung brauchen, schließt man am besten durch Ueberstreichen mit kaltflüssigem Baumwachs, also einer Harzmischung, welche dem Wasser den Eintritt verwehrt. Billiger ist ein Ueberstreichen der Wunde mit heißem Steinkohlentheer.

8. Schneedruck.

Wie es bei dem Hagel gewisse Regionen giebt, die besonders häufig heimgesucht werden, so existiren auch, wenngleich aus anderen Ursachen, namentlich

in Gebirgen, bestimmte Gürtel, in denen Verletzungen durch Schneedruck fast alljährlich sich einstellen. Außerdem werden einzelne Lokalitäten in allen Gegenden mit reichlichem Schneefall als besonders gefährdet betrachtet werden müssen; es sind dies die Bodensenkungen, in welche der Schnee von oben oder den Seiten hineingeweht werden kann. Die gleichen Schneemassen wirken aber auch verschieden, je nach der Witterung, bei welcher sie fallen. Ist es sehr kalt und windig, dann sammelt sich selten soviel Schnee in dem Gezweige, daß er Schaden bringen könnte; die Krystalle sind zu fein und kalt, um sich an einander zu kitten. Wenn dagegen bei weichem, windstillem Wetter der Schnee in großen Flocken fällt und leicht zusammenballt, dann haftet er in großen Massen in den Baumkronen und biegt oder bricht die Aeste.

Wenn die Bäume auf Abhängen stehen, bemerkt man zahlreichere Schäden auf den der Windseite entgegengesetzten Abhängen, in denen dann ganze Streifen geworfen werden können. Dies zeigt sich als einfache Folge des Schneedruckes, namentlich bei mildem Winterwetter und noch weichem, offnem Boden, während bei stärkerer Kälte der spröde Stamm eher gebrochen wird (Schneebruch). Verpflanzte Bäume mit flacher Wurzelkrone werden leichter, als gut durch Pfahlwurzeln verankerte Exemplare geworfen. Vorzugsweise der Gefahr ausgesetzt sind die wintergrünen Bäume und unter diesen, wie es scheint, die Kiefer ganz besonders; die zäheren Holzarten, wie Tannen und Fichten biegen sich mehr unter der Last und richten sich später wieder auf. Günstiger stehen die Laubhölzer dann da, wenn der Schnee zu einer Zeit massenhaft eintritt, in der sie ihr Laub verloren haben; Eiche und Buche, welche oft das Laub den ganzen Winter über halten, sind gefährdeter wie die anderen Hölzer, vorausgesetzt, daß Letztere nicht durch einen vorhergegangenen nassen und kühlen Sommer verhindert worden sind, in die Ruheperiode einzutreten und das Laub zu werfen. Auch hier wird die Sprödigkeit des Holzes für die Art der Beschädigung maßgebend. Bei der Akazie sieht man an älteren Bäumen fast immer Ast- oder Stammbruch; auch Birke und Erle dürften öfter Bruch als Niederdrücken zeigen. Bernhardt[1]) macht auch darauf aufmerksam, daß sich die Widerstandsfähigkeit der Baumarten ändert, je nachdem sie einen ihren Ansprüchen angemessenen Standort haben. Für unsere Obstbäume kommt auch die Kronenbildung sehr in Betracht; namentlich bei Aepfeln mit ihren flachen, ausgebreiteten Aesten findet man ein förmliches Auseinanderspalten der Kronen. Da, wo der natürliche Habitus des Baumes eine pyramidale Kronenbildung nicht zeigt, wird es sich empfehlen, durch künstliche Einwirkung die Entwicklung eines starken Mittelastes anzubahnen.

Auf Baumgütern läßt sich bei der relativ geringen Baumzahl und den

---

[1]) Waldbeschädigungen durch Wind, Schnee, Eis und Duftbruch. Centralbl. f. d. gesammte Forstwesen 1878, S. 29.

im Winter freier verfügbaren Arbeitskräften oft den Gefahren des Schneedrucks ausweichen, indem rechtzeitig mit langen Stangen in den Baumkronen die Schneelast theilweis abgeschlagen werden kann. Sind Astbrüche aber einmal geschehen, dann bleibt eben kein andres Mittel, als das Glattschneiden der Wundfläche und Ueberziehen derselben mit Theer. Bei eingerissenen Aesten aber, die mit einem Theil ihres Holzkörpers noch an der Hauptachse festhängen, empfiehlt sich das Zusammenklammern der Aeste. Es besteht dies durch Zurückbiegen des eingespaltenen Astes in seine natürliche Lage; in dieser wird derselbe dadurch dauernd erhalten, daß er mit einem andern, starken, in entgegengesetzter Richtung verlaufenden Aste der Krone, welcher als Gegenzug dient, durch zwei Brettstücken verbunden wird. Wenn der eingespaltene Ast in der richtigen Lage sich befindet, werden die zwei Brettstücken parallel als Verbindungsglied an diesen und den zum Festhalten bestimmten Ast angelegt und nun dicht hinter jedem Ast ein Pflock durch beide Brettstücken geschlagen, so daß auf diese Weise ein Holzrahmen entsteht, dessen zwei kurze Pflockseiten die Aeste in der gewünschten Lage zusammenhalten. Ein Binden mit Stricken ist kostspieliger und läßt auch eine größere Bewegung des eingespaltenen Astes bei späteren Stürmen zu. Bei Schneewurf wird wie bei Windwurf im Obstgarten ein Wiederaufrichten der einseitig mit der Wurzelkrone aus dem Boden gehobenen Stämme die Erhaltung derselben größtentheils ermöglichen. Im Walde dürfte Einschlagen der geworfenen Stämme allein am Platze sein. Bei nur schief gedrückten Stämmen kann man im Obstgarten ebenfalls durch Stützen wieder nachhelfen, während man im Walde gegen diesen Uebelstand nichts thun kann. Bemerkenswerth und wissenschaftlich weiter zu prüfen ist die Angabe von Nördlinger[1]), daß ein schiefgedrückter Laubholzbaum seine späteren Jahresringe nach oben verbreitert, während der Nadelholzbaum dieselben nach unten ausbaucht. Bei Buche und Hainbuche war das Holz dieser oberseits stärkeren Jahresringe besonders hart und gefäßarm. Vielleicht ist dieser beachtenswerthe Umstand mit der Ausbildung des Rindenkörpers und der Entstehung von Rindenrissen in Verbindung zu bringen. Wenn die Laubholzrinde unter sonst gleichen Verhältnissen bei Trockenheit nicht so lange dehnbar bleibt, wie die Nadelholzrinde, so wird sie bei den nun schief gestellten und daher ungleicher besonnten Aesten und Stämmen auf der trockneren Oberseite früher reißen und den Rindendruck vermindern, die Holzringbildung somit steigern. Bei der elastischeren Nadelholzrinde würde die trocknere Oberseite immer noch dehnbar sein und noch keine Risse bekommen; der Mangel an Rissen würde nur den Rindendruck oberseits vermehren und die Jahresringe um so enger machen.

Es wäre dies derselbe Vorgang, wie bei der Entstehung der Spannrückigkeit, d. h. des rückenartigen Vorwölbens einzelner Streifen der Holz-

---

[1]) Deutsche Forstbotanik, I, S. 185.

achse über die Peripherie des übrigen Jahresringes hinaus. Da, wo die Rinde am dünnsten, fand schon Duhamel[1]) den Holzkörper am stärksten entwickelt.

9. Eisanhang.

Die Schädigungen durch Eis, das sich an den Bäumen ansetzt, sind seltener. Eine schnell vorübergehende Incrustirung durch Glatteis wird meist für ungefährlich gehalten; indeß sind in der Praxis manche Stimmen laut geworden, welche der Auflagerung von Eis auf glattrindigen Zweigen und Stämmen die Entstehung von Brandflecken zuschreiben. Wenn man sich mit Nouel die Entstehung des Glatteises in der Weise vorstellt, daß Regen, dessen Tropfen bereits unter 0⁰ abgekühlt waren, bei dem Auffallen auf die Bäume durch die Erschütterung erstarren, so wird man nicht annehmen können, daß die Kältewirkung des Eises störend wirkt. Nach den bei künstlichen Frostversuchen gesammelten Erfahrungen bin ich der Meinung, daß der Glatteisüberzug durch Spannungsänderungen im beeisten Gewebe schädlich wirken kann. Bei ganz leichten Frühjahrsfrösten läßt sich constatiren, daß an den krautartigen Trieben im Rindengewebe Spalten entstehen, ohne daß tiefgehende Bräunung der Zellen stattgefunden hätte, also die chemische Wirkung des Frostes zur Geltung gekommen wäre. Solche Gewebeverletzungen sind auch bei Glatteis möglich, wenn dasselbe längere Zeit am Pflanzentheil fest haften bleibt und namentlich die bei Eintritt von Glatteis häufigen Temperaturschwankungen überdauert.

Von den gewöhnlichen Glatteisbildungen dürfte zu unterscheiden sein, weil auf verschiedenen Bildungsprozessen beruhend, der Eis- und Duftanhang, der mit dem Schneedruck zu vergleichen ist. Zur Charakteristik der Erscheinung halten wir uns an eine Darstellung von Breitenlohner[2]), der eingehendere Beobachtungen gemacht hat. Am 27. Januar 1879 stellte sich im Wiener Walde bei völliger Windstille und nebligem Wetter zur Mittagszeit unter zunehmendem Luftdruck und negativer Temperatur bei Wien ein Niederschlag ein, der die Mitte zwischen Sprühregen und Nebelreif hielt und der bald zu Glatteis erstarrte. An den Bäumen, deren Temperatur in allen Theilen unter 0 lag, entstand ein einseitiger Eisbelag von 3—5 mm Dicke. Die Periode des stillen Frostes währte im Wiener Walde 5—6 Tage; der Eisanhang blieb 9 Tage und vermehrte sich derart, daß die dünnsten Zweige zur Dicke eines Schiffstaues heranwuchsen und die Buchenstämme brachen und die Stangenhölzer zu Boden gebogen waren. Da der Boden nur oberflächlich gefroren war, wurden auch Bäume geworfen. Bei Coniferen war die Benadelung der Eisablagerung besonders günstig, und Tannen bildeten Eispyramiden, indem die

[1]) Physique des arbres, IV, S. 30.

[2]) Breitenlohner: Der Eis- und Duftanhang im Wiener Walde. Forsch. auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik 1879, S. 497.

oft 20 cm Länge messenden Anhänge der oberen Aeste an die unteren angefroren waren.

In den Tieflagen war der Besatz wirkliches, transparentes Glatteis; auf den Höhen dagegen bestand die Hauptmasse mehr aus einem Gemenge von Eis und Duft. Ebenso nahm die Eispartbie vom Waldrande nach dem Innern hin allmählich ab, wo der Beschlag weder Eis noch Duft war und ein festes, strahliges Gefüge besaß, um endlich noch tiefer im Walde als typischer Duftanhang aufzutreten, der immer kürzer wurde, je tiefer man in den Wald hineinging. Um sich einen Begriff von der so entstandenen Eisbildung zu machen, welche gleichzeitig auch in Deutschland und Frankreich auftrat, bestimmte man das Gewicht des Eises, das an einzelnen Zweigen hing, und es ergab sich dabei, daß auf 1 Gewichtstheil eines blattlosen Zweiges kamen an Eis bei Kirsche 36,7, bei Zerreiche 44,1, bei Rothbuche 85,3, bei Tanne 31,1, bei Fichte 51,3, bei Kiefer sogar 99,0 Gewichtstheile.

Zur Erklärung der Erscheinung, daß trotz der etwa 2° betragenden Kälte der Niederschlag in flüssiger Form erfolgte, aber nicht herunterfloß, sondern zu durchsichtigem Eis wurde, zieht Jamin die obenerwähnte Unterkühlung des Wassers bei völliger Ruhe zu Hülfe. Da der Eisüberzug aber keine rauhe Oberfläche, sondern ein geflossenes Aussehen hatte, die Regentröpfchen auch nicht augenblicklich gefroren, sondern erst näßten, so dürfte ein anderer Umstand die Veranlassung abgegeben haben. Breitenlohner macht nämlich darauf aufmerksam, daß die Beobachtungen der meteorologischen Stationen zur Zeit des Eisanhanges die Wirksamkeit eines Föhnwindes constatirten; es lief also ein feuchtwarmer Aequatorialstrom über einen kalten, die Thäler ausfüllenden Polarstrom. Dieser Contact der äquatorialen mit den polaren Luftwellen führte zu der auffallenden Niederschlagsform, die nur darum flüssig blieb, weil der untere, kalte Luftstrom eine sehr geringe vertikale Ausdehnung besaß, so daß der aus dem warmen Strome kommende Niederschlag nur einen kurzen Weg durch die kalte Luft zu machen brauchte.

Da, wo die kalte Luftschicht eine größere vertikale Erhebung zeigte, nahm auch der Niederschlag bereits eine feste Form an und setzte sich als Rauhreif (Haarfrost) fest.

Der Nebel, der bei Berührung zweier nach Temperatur und Feuchtigkeit verschiedener Luftschichten sich bildet, kann auch unter 0° seine Constitution als tropfbar flüssiges Wasser beibehalten, da feuchte Winde ausgezeichnete Calorіferen sind und im Wasserdunste eine Menge Wärme latent mit sich führen, welche bei der fortwährenden Condensation entbunden wird. Erst wenn das erkältende Agens ein gewisses Maß übersteigt, verwandelt sich der Nebel in Frostdampf, indem die Dunstausscheidung nun aus Eisnadeln besteht. Die dem freien Luftzuge ausgesetzten Randbäume wirken als Dunstfang, während

im Innern der Schläge die stockende Luft und ein nachhaltiger Baumfrost blos den typischen Dunstanhang sich ausbilden lassen.

Dies wäre also eine Analogie mit dem bei Spät- oder Frühfrost auftretenden Reife, der also nicht als gefrorener Thau aufzufassen ist. Thau ist das condensirte Wassergas, das sich an den unter dem Thaupunkt der Luft durch Strahlung abgekühlten Pflanzentheilen in zusammenfließenden Tröpfchen niederschlägt. Das Wassergas ist meist schon reichlich in der Luft vorhanden; es kann z. Th. wie Stockbridge[1]) nachweist, während der Sommermonate aus dem in der Nacht wärmer als die Luft sich zeigenden Erdboden ausdampfen. Ist einmal ein starker Thauüberzug vorhanden, so kann derselbe eher als Schutzmittel gegen das Erfrieren der Pflanzentheile angesehen werden. Gefriert dieser Thau, so entsteht eine krystallinische Rinde, die identisch mit dem Eisanhange. Der Reif dagegen entsteht, wenn der Thaupunkt der Luft bereits unter 0^0 liegt und dieser Temperaturgrad durch Strahlung und Verdunstung der Pflanzentheile erreicht wird. Es fügen sich also die Dunstmoleküle schon in fester, krystallinischer Form aneinander (Boden- oder Sommerreif). Der Duftanhang oder Winterreif entsteht durch Einströmen des Aequatorialstromes in den langsam weichenden Polarstrom, und dieser Kampf ist darum so gefährlich, weil bei langer Dauer so viel Duftanhang erzeugt werden kann, daß unter seiner Last die stärksten Bäume brechen.

In den Baumgärten wird rechtzeitiges und vorsichtiges Anschlagen mit Stangen an die Aeste einer solchen schädlichen Anhäufung des Duftes vorbeugen; im Walde ist dieser Schutz natürlich nicht durchzuführen.

Cap. III. Einfluß schädlicher Gase und Flüssigkeiten.

1. Schwefelige Säure.

Während wir versuchen, mit großen Kosten ungünstige Bodenverhältnisse zu verbessern und bestrebt sind, durch mancherlei künstliche Vorrichtungen den schädlichen Witterungseinflüssen entgegen zu arbeiten, ziehen wir häufig in größter Nähe einen Feind groß, welcher in Form einer gewinnversprechenden, industriellen Anlage zunächst sich der wärmsten Sympathien zu erfreuen hat. Grade jetzt, wo der Landwirth bereits gezwungen ist, durch Errichtung von Brennereien und Ziegeleien sein Bodenkapital zur höchsten Verwerthung zu bringen, und wo die Fabrikanlagen größerer Städte immer umfangreicher werden und den Gartenbau in der Nähe der Städte immer mehr bedrohen, ist es Zeit auf den schäd-

[1]) Nach Journal of science, Vol. I, p. 471, cit. in Naturforscher 1879, Nr 32.

lichen Einfluß hinzuweisen, den solche Anlagen auf größere Entfernung hin auf die Pflanzenwelt auszuüben vermögen. Für den Forstwirth erhält dieser Punkt eine wesentliche Bedeutung namentlich in jenen Gegenden, wo Hüttenwerke in der Nähe von Waldungen sich befinden. Der von Jahr zu Jahr wachsende Feind ist der Rauch. Freilich ist nicht jeder Rauch der Vegetation schädlich, und die Pflanzen können in einer Atmosphäre sehr gut gedeihen, welche häufig mit Rauch derartig überladen ist, daß die Kohlenstofftheilchen sich als schwarzer Ueberzug auf die Blätter lagern. Der Ruß ist auch nicht der schädliche Bestandtheil, sondern die gasförmigen Verbrennungsprodukte, welche der Rauch in vielen Fällen mit sich führt. Ihnen sind die Zerstörungen zuzuschreiben, welche sich in der Nähe größerer Feuerungsanlagen an den Pflanzen in Form vergilbter und vertrockneter, eingerollter Blätter zeigen und bis zum gänzlichen Laubabwerfen sich ausdehnen können.

Lange Zeit ist man im Unklaren gewesen, welches der schädliche Bestandtheil des Rauches sei, bis durch die Untersuchungen von Morren[1]), Stöckhardt[2]) und namentlich von Schröder[3]) der Feind in der schwefeligen Säure erkannt worden ist. Die metallischen Gifte, wie Arsen, Zink und Blei, die man früher vorzugsweise bei der Beschädigung durch den Rauch der Hüttenwerke im Auge gehabt hat, sind experimentell als minder schädlich nachgewiesen worden, während die schwefelige Säure schon in sehr geringer Beimengung zur Luft den Tod der Versuchspflanzen herbeiführte. Wie gering eine solche Beimischung zur Luft zu sein braucht, geht aus den Beobachtungen von Morren[4]) hervor, der die charakteristischen Spuren der Zerstörung an den Blättern schon wahrnehmen konnte, wenn die Luft nur $^1/_{50000}$ ihres Volumens an schwefeliger Säure enthielt. Und so geringe Beimengungen enthält sicherlich mancher Rauch, der durch die Verbrennung schwefelhaltiger Steinkohle gebildet wird. Da aber Schwefel in der Form von Schwefeleisen ein häufiger Bestandtheil der Steinkohle ist, so ist anzunehmen, daß wir, wie Morren sagt, mit jedem Schornstein die Anlage für einen Vergiftungsheerd der Pflanzen errichten.

Nun darf man allerdings auch nicht zu weit in den Befürchtungen gehen. Die Experimente, welche zum Nachweis der Schädlichkeit so geringer Gasmengen angestellt worden sind, bestanden in der meist mehrstündigen Einwirkung des Gases in einem, durch eine Glasglocke abgeschlossenen Raume.

---

[1]) Récherches expérimentales pour déterminer l'influence de certains gaz industriels, spécialement du gaz acide sulfureux, sur la végétation. Extracted from the Report of the International Horticultural Exhibition etc. London 1866.

[2]) Untersuchungen über die schädliche Einwirkung des Hütten- und Steinkohlenrauches auf das Wachsthum der Pflanzen. Tharandter forstl. Jahrb., Bd. 21, Heft 3.

[3]) Die Einwirkung der schwefeligen Säure auf die Pflanzen, in Landw. Versuchsstationen 1872.

[4]) a. a. O., S. 224.

Diesem Zustande entspricht im gewöhnlichen Leben nur etwa die Luftbeschaffenheit in unmittelbarer Nähe eines industriellen Etablissements, wie eines Ziegelofens, einer Hütte, eines Koaksofens u. dgl., deren Rauch in großen Massen Tag und Nacht sich über die Vegetation lagert. In der Mehrzahl der Fälle dienen die Luftbewegung, der Wind und die Eigenthümlichkeit der schwefeligen Säure, in Berührung mit Wasser zu Schwefelsäure zu oxydiren, als Schutzmittel gegen die extremsten Wirkungen des Giftes, gegen das baldige Absterben. Jedenfalls aber wird man gut thun, in denjenigen Gegenden, wo mit Steinkohlen oder Torf[1]) gefeuert wird, bei der Anlage solcher, viel Rauch produzirenden Etablissements diejenigen Orte zu wählen, die möglichst entfernt von großen Kulturen, namentlich von Baumanlagen, sind. Wer die Literatur der letzten Jahre verfolgt hat, wird finden, daß sich die Klagen über den schädlichen Einfluß des Rauches mehren, und grade diese zahlreicheren, häufig zu Prozessen führenden Klagen dürften die Ursache sein, daß sich die Wissenschaft in der letzten Zeit spezieller mit diesem Punkte beschäftigt hat.

Die Resultate dieser Untersuchungen zeigen zunächst, daß die gasförmigen Produkte, welche bei der Verbrennung einer schwefelfreien Steinkohle erzeugt werden, für die Vegetation unschädlich sind.[2])

Enthält dagegen die Kohle einen Theil Schwefel und entweicht die schwefelige Säure in die Luft, so wird dieses Gas von den Blattorganen der Nadel- und Laubhölzer aufgenommen, und zwar wird es (nach Schröder) in diesen Organen größtentheils festgehalten und nur zu einem geringen Theile in den Holzkörper der Pflanze geleitet. Daß die schwefelige Säure als solche bis zu den Wurzeln gelangen sollte, indem sie durch den Regen dem Boden zugeführt würde, ist unwahrscheinlich, da sie auf diesem Wege längst zu Schwefelsäure sich oxydirt haben würde. Auch die von Freitag[3]) in dieser Beziehung direkt angestellten Versuche deuten darauf hin, daß wir die Blätter als die Hauptorgane zur Aufnahme des Giftes anzusehen haben. Nicht alle Blätter aber nehmen gleichviel von dem gebotenen Gifte auf, und in dieser Beziehung unterscheiden sich die Nadelhölzer merklich von den Laubhölzern. Erstere nehmen unter sonst gleichen äußeren Verhältnissen mit der gleich großen Blattfläche weniger schwefelige Säure auf, als letztere; jedoch ist mit dem Nachweis einer größeren Menge aufgenommenen Gases noch nicht gesagt, daß dadurch auch eine Pflanze mehr

[1]) Nach Stöckhardt ist auch Braunkohlen- und Torfrauch schädlich, wenn dieses Feuerungsmaterial Schwefelkies enthält. Der Rauch der Kalköfen zeigt sich am mindesten nachtheilig, weil der Kalk die gebildete schwefelige Säure zurückhält, ebenso, wie bei Ziegelöfen der häufig vorhandene Magnesiagehalt des Thones durch Zurückhalten der schwefeligen Säure günstig wirkt. Chemischer Ackersmann 1872, Heft II, S. 111 u. f.

[2]) Nachgewiesen an Pflaumen- und Birnbäumen.

[3]) Mittheilung der landw. Akad. Poppelsdorf. Bd. II, 1869, S. 34, cit. bei Schröder a. a. O., S. 321.

leidet. Die Widerstandsfähigkeit hängt vielmehr von der speziellen Organisation der Pflanze ab. In dieser Beziehung lag die Vermuthung nahe, daß der anatomische Bau, namentlich die Zahl der Spaltöffnungen für die Empfänglichkeit einer Pflanze maßgebend sein möchte; diese Vermuthung, welche von Morren wiederholt ausgesprochen worden, hat sich aber als irrig erwiesen, da Schröder gefunden, daß die schwefelige Säure nicht durch die Spaltöffnungen, sondern gleichmäßig von der ganzen Oberfläche des Blattes aufgenommen wird. Er sah von der spaltöffnungslosen Oberseite eines Blattes eben so viel Gas aufnehmen, als von der an Athmungsorganen reichen Unterseite; nur war die Wirkung des von letzterer Seite eingedrungenen Gases viel schneller und energischer. Diese Erscheinung findet ihre Erklärung in dem Umstande, daß die schwefelige Säure begierig vom Wasser absorbirt wird und sich in Berührung mit demselben leicht oxydirt; da nun durch die locker gebaute, an Spaltöffnungen reichere Unterseite die Wasserabgabe des Blattes an die Luft vorzugsweise erfolgt, so macht sich hier die Einwirkung des Giftes um so mehr geltend. Wird das Wasser in den Micellarinterstitien der Zellwände von der Säure in größerem Maße gebunden, als ein Zuströmen erfolgen kann, dann werden die Zellwände wasserarm, werden endlich austrocknen und somit ihre Fähigkeit für die Wasserleitung verlieren.

Es werden dann nur noch diejenigen Zellenparthien, welche direkt an dem schnellleitenden Gewebe der Gefäßbündel liegen, stark wasserhaltig erscheinen und ihre normale Färbung behalten, während der trockne Theil zwischen den Gefäßbündeln (den Blattnerven) eine fahle, bräunliche Färbung annimmt. Diese Erscheinung einer hellgrünen Nervatur in der fahlen Blattmasse bildet ein Merkmal für die Erkennung einer Vergiftung des Blattes durch schwefelige Säure. Unmittelbar im Zusammenhang mit diesem, für das Auge erkennbaren Merkmal steht die durch Wägung von Schröder gefundene Thatsache einer verminderten Wasserverdunstung der vergifteten Blätter. Die Transpirationsgröße läßt sich aber als Ausdruck der Produktion gebrauchen und somit läßt sich schließen, daß das Blatt weniger assimilirt. Die allgemeine Wirkung der Vergiftung auf den Pflanzenkörper wird also ähnlich der einer frühzeitigen Entlaubung sein, und zwar wird die Wirkung um so schneller eintreten, je größere Mengen von schwefeliger Säure vorhanden, je trockner die Luft ist, je höher die Temperatur und je stärker die Beleuchtung ist, wodurch das Blatt zu intensiverer Thätigkeit angeregt wird. Durch diese experimentell festgestellte Thatsache wird die Vermuthung nahe gelegt, daß der Hütten- und Steinkohlenrauch in der Nacht weniger schädlich, als am Tage wirkt, und man erhält somit wenigstens einige Winke, welche bei der Anlage gewerblicher Etablissements leitend werden können.

Es bleibt nun nur noch übrig, auf einen Punkt aufmerksam zu machen. Derselbe betrifft die Wahl der Bäume, die sich am besten noch in der Nähe

von Fabriken anpflanzen lassen. Nach dem Obigen möchte es gerathen erscheinen, den Nadelhölzern den Vorzug zu geben, da dieselben in derselben Zeit weniger schwefelige Säure aufnehmen, als die Laubhölzer; allein diese Maßnahme würde aller Erfahrung widersprechen, da es feststeht, daß Nadelhölzer mehr als Laubhölzer bei dauernder Vergiftung leiden. Für diese Erscheinung fehlt vorläufig die Erklärung, wenn solche nicht etwa in der längeren Lebensdauer der Nadel gefunden wird, deren Zerstörung um so fühlbarer wird, je länger sie im normalen Lebenslauf dem Baume als Assimilationsorgan zu dienen bestimmt war.

Die krautartigen Pflanzen stehen hinsichtlich ihrer Empfänglichkeit zwischen Laub- und Nadelhölzern. Nach Stöckhardt[1]) stellen sich die ersten Zeichen der Vergiftung bei Klee, Kartoffeln, Hafer und Wiesengräsern dann ein, wenn dieselben zweimal der zweistündigen Einwirkung einer Luft ausgesetzt waren, welche schwefelige Säure zu $^1/_{40000}$ Volumtheil beigemischt enthielt. Die Pflanzen fingen an, zu welken, und die Blattspitzen bräunten sich. Luft mit $^1/_{60000}$ schwefeliger Säure hatte bei 15—20maliger Einwirkung denselben Erfolg.

Die neuen Untersuchungen von Schröder liefern den Nachweis[2]), daß schwefelige Säure schon bei einer Verdünnung von 1 Milliontel sich schädlich erweist, sobald eine längere Einwirkung stattfindet. Betreffs der Merkmale, an denen die Säurebeschädigung erkannt wird, mahnen indeß die Untersuchungen zur Vorsicht. Es ist zwar richtig, daß die oben erwähnte Nervaturzeichnung sich bei Einwirkung saurer Gase geltend macht, indem an beiden Seiten der Nerven das Gewebe durchsichtiger und mit Wasser überfüllt erscheint. Diese Ueberfüllung kann so weit gehen, daß bei längerer Dauer des Zustandes zu beiden Seiten des Hauptblattnervs Tröpfchen wie bei Honigthau hervortreten. In Bezug auf die Wasserabgabe der Pflanze durch Einwirkung schwefeliger Säure erwähnt Zöller (Oecon. Fortschr. 1867, p. 300): „Läßt man auf frische Pflanzentheile gasförmige, schwefelige Säure einwirken, so fangen diese an, zu schrumpfen, welken ab und lassen hierbei Wasser ausfließen; das Wasser tropft im wahren Sinne des Wortes von ihnen ab. Indeß scheint dieser Fall nur dann einzutreten, wenn Wasserüberschuß den Wurzeln zu Gebote steht[3]) und die Blätter schon lange dem schädlichen Einfluß ausgesetzt sind. Anfangs bemerkt man bei Laubhölzern in Folge der schwefeligen Säure das Auftreten zerstreueter, durchscheinender Flecken, die später mattgrün und braun werden.

[1]) Chemischer Ackersmann 1872. S. 24.

[2]) Schröder, J. v. und Reuß, C.: Die Beschädigung der Vegetation durch Rauch und die Oberharzer Hüttenrauchschäden. Berlin, Parey 1883, cit. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 51, S. 368.

[3]) Schröder: Ueber die Beschädigung der Vegetation durch saure Gase. Landw. Versuchsstationen 1879, Heft 4/5, cit. Biederm. Centralbl. 1880, S. 124.

Bei Nadelhölzern erscheint zunächst die Blattspitze mattgrün, dann fahl und schließlich in scharfer Abgrenzung gegen den unteren, grünen Theil intensiv braunroth. Dieselben Flecken wurden bei Einwirkung von Salzsäure erhalten. Grade diese anfänglichen Stadien aber können auch durch Frost, Parasiten, ungünstige Ernährungsverhältnisse ꝛc. hervorgerufen werden. Hasenclever[1]) giebt ein interessantes Beispiel, in wie hohem Grade Irrungen in der Beurtheilung der Säureschäden möglich sind, wenn man lediglich nach dem äußeren Ansehen urtheilt. Eine belgische Commission, die zum Studium des Einflusses der chemischen Fabriken zwischen Namur und Charleroi eingesetzt worden, hatte bei 85 gesammelten, mit Flecken versehenen Pflanzen auf die Einwirkung von Salzsäure geschlossen. Eine spätere Untersuchung wies nach, daß bei 79 dieser Blätter andere Ursachen die Schuld an den Flecken trugen.

Aus dieser Unzuverlässigkeit der äußeren Merkmale, sowie aus der Unsicherheit der chemischen Analyse, schließt Hasenclever, daß es bis jetzt überhaupt an einer Methode fehlt, welche für die Säurebeschädigungen allgemein auftretende, charakteristische Merkmale angeben könnte. Die chemische Analyse ist darum nicht ausreichend, weil manchmal die gesunden Pflanzen einer Gegend mehr Schwefelsäure enthalten, als die gleichnamigen einer andern Gegend, welche der schwefeligen Säure ausgesetzt sind.[2]) Dieser Einwand dürfte jedoch mehr ein theoretischer sein, weil die abnormen Mengen von Schwefelsäure oder Chlor (bei Einwirkung von Salzsäuredämpfen) doch die normalen Schwankungen, welche durchschnittlich vorkommen, weit hinter sich lassen. Schröder spricht deßhalb positiv aus, daß man die chemische Analyse im Verein mit dem äußeren Ansehen als sichere Basis für eine Expertise betrachten kann.

Wenn aber eine Basis existirt, so werden die berechtigten Ansprüche der Land- und Forstwirthe, sowie der Gärtner in Zukunft eine bessere Würdigung finden. Die Wirkungen können manchmal binnen wenigen Tagen auftreten, und es verdient ein recht in die Augen springender Fall dieser Art deßhalb besondere Erwähnung, weil in der Praxis sicher ähnliche Erscheinnngen schon mehrfach beobachtet worden sind, ohne daß man auch nur auf die Vermuthung gekommen wäre, die Ursache im Rauch zu suchen. Stöckhardt[3]) war Augenzeuge, als man auf einem Rittergute bei der Ziegelei, die 20 Jahre mit Holz gespeist worden war, den ersten Brand mit Steinkohlen ausführte. Der Rauch

---

[1]) Hasenclever: Ueber die Beschädigung der Vegetation durch saure Gase. Berlin 1879, Springer.

[2]) Hasenclever macht auch darauf aufmerksam, daß Chlor und Schwefelsäure bisher aus den Aschen bestimmt worden seien, bei dem Einäschern verflüchtigen sich aber Theile beider Körper. Schröder setzt nun zur Vermeidung zu niedriger Schwefelsäuremengen vor dem Einäschern kohlensaures Natron zu (1—3 g auf 30 g Substanz).

[3]) Action de la fumée des fours à chaux sur les vignes. Compt. rend. 1876, I, S. 1218.

traf an diesem Tage grade den 60 bis 80 Schritt entfernten Gemüsegarten und schon am nächsten Tage zeigte sich eine tiefeingreifende Beschädigung. „Das Laub der Obstbäume war vollständig verdorrt, der Boden darunter mit abgefallenen, jungen, grünen Früchten, insbesondere Pflaumen bedeckt, die Zier- und Gemüsepflanzen waren geknickt und verwelkt, der Wein des Geleites bis zum zweiten Stock hinauf eine braunrothe Fläche mit welken, grünen Träubchen" u. s. w.

Eine bisher nur einmal beobachtete Rauchwirkung wird von Husson[1]) angegeben. Es hatte nämlich der Wein von Stöcken in der Nähe von Kalköfen einen äußerst unangenehmen Geruch und Geschmack nach Rauch angenommen und zeigte nach 4 Wochen Essiggährung. Die Winzer behaupten, daß schon die Trauben denselben Geschmack besitzen. Husson fand diese Angabe bestätigt und bemerkte den Geschmack auch an den Blättern und bei den Trauben um so intensiver, je reifer dieselben waren. Nach Verlöschen der Kalköfen und nach Eintritt eines mehrtägigen Regens ließen sich nur Spuren des Rauchgeruches constatiren. Versuche mit einem frisch angeheizten Kalkofen ergaben, daß der Rauch der zuerst allein brennenden Steinkohlen dem der Gasanstalten gleich war; in dem Augenblicke aber, als der Kalkstein zu calciniren anfing und seine organischen Substanzen sich zersetzten, trat der im Wein gefundene, empyreumatische Geruch auf. Trauben, in diesen Rauch gehalten, erhielten denselben Geruch und Geschmack. Die Reaktionen deuten auf Phenol und Anilin, welche in dem Rauche der Kalköfen sich vorfinden.

Aehnliche, wenn auch minder intensive und langsamer sich einstellende Erscheinungen werden wir bei größerer Aufmerksamkeit häufiger constatiren können. Der oft zu findende kümmerliche Pflanzenwuchs in Stadtgärten, die früher gute Entwicklung zeigten, kann durch entfernter liegende, neue Fabrikanlagen veranlaßt werden. Bisweilen dürften auch gar keine Neuanlagen nöthig sein; schon die Entfernung von Baumpflanzungen und Gebäuden, welche bisher zwischen Gärten und Fabrikschornsteinen eine Schutzwehr gegen die sich heranwälzenden Rauchwolken gebildet, kann die Veranlassung zu Rauchbeschädigungen werden. Um einen Begriff von der Luftbeschaffenheit großer Städte zu bekommen, reproduziren wir nach Hasenclever die Angaben eines englischen „Alkali-Inspektors" über die Londoner Luft. Eine Million Cubikmeter enthält 1670 g Schwefelsäure, welche aus der schwefeligen Säure des Rauches durch Oxydation entstanden ist. Manchester enthält sogar in demselben Quantum seiner Luft 2518 g Schwefelsäure. Enthält der Regen, wie dies in Manchester der Fall ist, in einer Million 10 Theile Säure, so hört die Vegetation überhaupt auf.

[1]) Tharander forstliches Jahrbuch, Bd. 21, Heft 3, S. 31.

2. Chlor.

Nicht minder schadenbringend ist das Chlorgas, das von Richardson für verderblicher noch als die schwefelige Säure erklärt wird. Die Steinkohlen enthalten neben dem Schwefel auch Chlor in Form von Chlornatrium;[1]) der Chlorgehalt schwankt zwischen 0,1 bis 2,0 %. Leadbetter fand in der Steinkohle 0,009 bis 0,028 % an Chlor;[2]) dasselbe war aber in der Asche nicht mehr nachweisbar, mußte also mit den flüchtigen Substanzen ausgetrieben worden sein; Meinecke hat nun auch in den Hochofengasen das Chlor direkt nachgewiesen[3]) und Smith[4]) macht auf den Chlorgehalt von Regenwasser in Gegenden aufmerksam, wo Steinkohle in Menge gebrannt wird. Nach diesen Angaben müssen wir also nicht einen einzigen schädlichen Faktor im Steinkohlenrauche, sondern mehrere in verschiedener Combination annehmen. Die Verschiedenartigkeit wird auf der Zusammensetzung der Steinkohle einerseits, auf ihrer Verwendung im technischen Betriebe andrerseits beruhen. Am complicirtesten werden die Fälle bei Hüttenanlagen, bei denen ein Theil der Verhüttungsprodukte eine Rolle spielt.

Der Ruß, der von einigen Forschern ebenfalls für schädlich erklärt wird, ist nach den Angaben von Schröder und Stöckhardt nicht nachtheilig.

Bei den chemischen Fabriken, in denen Chlornatrium mit Schwefelsäure zwecks Darstellung von Soda oder auch nur von Natriumsulphat zersetzt wird, erscheint die Umgebung stark durch salzsaure Gase belästigt. Da man die sich ergebende Salzsäure nicht alle benutzen kann, weil der Bedarf lange nicht so groß als die Produktion, so ließ man die Hauptmasse des Chlorwasserstoffs entweichen; das Gas verdichtete sich durch die Feuchtigkeit der Luft zu Nebel, der die Vegetation alsbald tödtete. In England existirt seit 1863 ein Gesetz (Alkali-Akt) welches festsetzt, daß 95 % der erzeugten Salzsäure condensirt werden müssen. In Folge dessen condensirt man jetzt in Cokethürmen und leitet die nicht verwendbare verdünnte Säure in Flüsse ab. Deutsche Fabriken leiten das Gas theilweise durch Canäle die mit Kalksteinen oder mit stets wasserbenetzten Kieselsteinen gefüllt sind; andere Fabriken leiten das Gas durch wassergefüllte Steinkrüge oder Cylinder &c. (Hasenclever). Bei der nöthigen Aufmerksamkeit der Fabriken kann die Condensation jetzt eine so vollständige sein, daß eine Beschädigung der Vegetation in der Umgebung kaum merklich wird. Das beste Merkmal geben dann die Pflaumenbäume ab, welche besonders empfindlich gegen saure Gase sich erweisen.

---

1) Hasenclever a. a. O. S. 9.

2) Chemical News 1860, No. 46.

3) Dingler's Journal 1875, S. 217.

4) Bericht über die Entwicklung der chemischen Industrie während des letzten Jahrzehnts von A. W. Hofmann, 1875.

3. Die metallischen Bestandtheile des Hüttenrauches.

Es ist schon früher nachgewiesen worden, daß reine Metalloxyde meist unschädlich sind.[1]) Für die Thiere wird natürlich Laub mit Oxydablagerungen nicht als Futter Verwendung finden dürfen, da sonst Entzündungskrankheiten eintreten. Den Pflanzen selbst aber schaden die Ueberzüge nur dann, wenn mit den Oxyden auch die Vitriole auftreten, welche allerdings eine corrodirende Wirkung ausüben. Wenn der Ruß, wie dies in den Industriebezirken nicht selten ist, auch solche Vitriole beigemengt enthält und nun auf bethaute Pflanzentheile kommt, dann äußert er auch einen corrodirenden Einfluß, während der in den Tharander Versuchen durch Verbrennen von Benzin erzeugte, reine Ruß vollkommen unschädlich sich erwies. Die neuesten Arbeiten von Schröder und Reuß ergeben dieselben Resultate. Als unlösliche Oxyde, als Carbonate und Silikate schaden die metallischen Bestandtheile des Hüttenrauches den oberirdischen Pflanzentheilen nicht mehr als etwa Straßenstaub. Lösliche Verbindungen dagegen, wie arsenige Säure, Sulphate und Chloride (es handelt sich hier vorzugsweise um Kupfer, Zink und Blei), erzeugen durch Corrosion des Gewebes braune Flecken, sobald sie auf vorher benetzte Blätter gelangen. Auf trocknem Laube sollen sie nicht schaden, und eine nachfolgende Benetzung durch Regen wäscht leicht den Ueberzug wieder ab. Quecksilberdämpfe wirken stets schädlich. Die durch Regen in den Boden hinabgewaschenen Verbindungen werden vom Boden absorbirt und dadurch meist unschädlich. Eine große Anhäufung von Arsen (von 0,1 % ab) ist nachtheilig. Die Experimente von Phillips[2]) bestätigen, daß gesunde Pflanzen durch Aufnahme von Blei und Zink keine Wachsthumsstörungen erleiden; dagegen wirkt Kupfer ebenso wie Arsen giftig, wobei die Wurzelausbildung gestört wird. Einen Nachweis arseniger Säure in Pflanzen liefert Klien.[3]) Solche Vergiftungen des Bodens können z. B. in der Nähe von Kupferhüttenwerken eintreten, und in einem Prozesse gegen die Mannsfeld-Hettstädter Kupferhüttenwerke weist Grouven auch speziell auf diesen Punkt hin.[4])

Ueber die Schädlichkeit von Natrondämpfen berichtet Ebermayer.[5]) Bei der Gewinnung der Cellulose wird Natronlauge unter erhöhtem Druck

---

[1]) Freytag in Jahrb. f. das Berg- u. Hüttenwesen im Königreich Sachsen 1873, S. 24 u. 36, cit. d. Hasenclever. — Landwirthsch. Jahrb. 1882, S. 315—357. Verfasser weicht betreffs der Rauchwirkung insofern von Schröder ab, als er nicht die schwefelige Säure als solche, sondern erst die aus ihr sich bildende Schwefelsäure für das schädigende Agens hält.

[2]) Phillips: The absorption of Metallic Oxides by plants, cit. Bot. Centralblatt 1883, Bd. XIII, Nr. 11, S. 364.

[3]) Chemischer Ackersmann, 1875, Heft 4.

[4]) Fühling's neue landwirthsch. Z. 1871, Heft 7, S. 534.

[5]) Ein Beitrag zur Pathologie der Obstbäume. Tagebl. d. Naturf.-Vers. zu Hamburg, cit. Biedermann's Centralbl. 1877, II, S. 318.

auf zerkleinertes Kiefernholz einwirken gelassen. Behufs Rückgewinnung des Natrons wird die benutzte Lauge eingedampft und der Rückstand zur Zerstörung der organischen Stoffe verbrannt. Dabei gelangt viel kohlensaures Natron in die Umgebung. Obstbäume in der Nähe solcher Fabriken zeigten die Blätter braun oder schwarz gefärbt und in kurzer Zeit abgestorben.

Dieselbe Färbung nehmen Blätter an, die in eine verdünnte Sodalösung von 1,01 spez. Gewicht getaucht wurden. Apfelblätter erschienen etwas weniger widerstandsfähig als Birnen und Pflaumen.

4. Abwehr- und Vorbeugungsmaßregeln.

Bei den häufigen Prozessen und mehrfachen Verurtheilungen zu Schadenersatz, sowie bei der Dringlichkeit, im allgemein sanitären Interesse die Bevölkerung gegen ungesunde Luft zu schützen, hat es nicht an Vorschlägen und Versuchen zur Beseitigung der Rauchschäden gefehlt. Nach Hasenclever haben sich hohe Schornsteine, durch welche die sauren Gase auf weite Strecken vertheilt werden, allein nicht bewährt. Es erfolgt nämlich nur bei schönem Wetter eine genügende Verdünnung, während bei feuchter, drückender Luft die sauren Gase vereinigt beiben. Nur bei isolirt liegenden Etablissements, welche im Ganzen nicht sehr große Quantitäten saurer Gase produziren, werden hohe Schornsteine allein genügen. Viel besser ist die in einzelnen Städten Englands gegebene, gesetzliche Vorschrift einer vollkommenen Rauchverbrennung. Die Kamine stehen unter polizeilicher Controle; jeder Eigenthümer, welcher schwarzen Rauch aus seinem Schornstein entweichen läßt, wird bestraft. Einzelne deutsche Städte schützen sich durch Versagung der Erlaubniß zur Anlage gewerblicher Etablissements innerhalb einer bestimmten Bannlinie.

Die Vorschläge von Wagner[1]), die schwefelige Säure nutzbar zu machen, und das Patent von Schott[2]) zur Gewinnung des Schwefels aus Gyps und Glaubersalz bei der Glasfabrikation haben nach Hasenclever keine praktische Bedeutung erlangt.

Die bei der Verhüttung von Zink-, Blei- und Kupfererzen sich ergebenden Vitriole werden mit Vortheil in langen, weiten Canälen aufgefangen, in denen sich ein später wieder zu verhüttender Flugstaub absetzt. In Schwefelsäurefabriken kann man durch Einführung Gay-Lussac'scher Thürme den Verlust an schwefeliger Säure und Schwefelsäure sehr herabdrücken; dagegen bestehen für Röstbütten noch größere Schwierigkeiten in der Condensation der schwefeligen Säure. In Belgien und an solchen Orten Deutschlands (Freiberg, Oberhausen und Stolberg), an denen von Anfang an meist Schwefelmetalle verarbeitet wurden, ist man an die Beschädigung der Vegetation und die todte Umgebung

[1]) Dingler's Journal, Bd. 215, S. 70.
[2]) ibid., Bd. 221, S. 142.

der Hütten bereits gewöhnt. In Oberschlesien dagegen, wo bisher Galmei (also vorherrschend eine kohlensaure Zinkverbindung) verhüttet worden war, merkt man durch die jetzige, bei Abnahme der Galmei, nothgedrungene Verwendung der Schwefelmetalle die Vergrößerung der Rauchschäden ganz gewaltig. Ueber die jetzige Benutzung der Zinkblende äußert sich Schlockow,[1]) der als Arzt in den Oberschlesischen Hüttenbezirken thätig gewesen, in folgender Weise. Die Gefährdung von Menschen und Pflanzen hat durch die Vermehrung der schwefeligen Säure in den Dämpfen bedeutend zugenommen. Die Vegetation in der Gegend der Hauptwindrichtung ist in der Nähe solcher Röstöfen abgestorben. Die Kartoffeln werden frühzeitig gelb und setzen nicht an; die Bäume erschöpfen sich durch Produktion immer neuer Triebe zum Ersatz der kaum erschienenen, welche durch die schwefelige Säure alsbald getödtet werden. Als das einzige Mittel, dem Uebel vorzubeugen, empfiehlt S. das in Belgien, am Rhein und in Freiberg bereits eingeführte Auffangen der Dämpfe in Bleikammern, in denen sie zu Schwefelsäure umgewandelt werden; erst dann sind die Dämpfe durch hohe Schornsteine zu entlassen. Gegen diese, allerdings kostspielige Methode haben sich andere Vorschläge geltend gemacht, welche bezwecken, das billigere Auffangen der Dämpfe in Kalkmilch in Anwendung zu bringen. Diese Vorschläge verdienen darum keine Berücksichtigung, weil sich bis jetzt eine genügende Verwendung des in enormen Mengen entstehenden Gemisches von schwefelsaurem und schwefeligsaurem Kalk nicht finden läßt. Das Gemisch ist aber für die Vegetation, für Flußläufe und Brunnen schädlich, so daß also bei solchem Verfahren nur die Beschädigung in eine andere Form gehüllt erscheint. Außerdem aber ist die Versuchung sehr nahe gelegt, daß die Arbeiter in den Röstöfen die Uncontrolirbarkeit des Verfahrens benutzen werden, betreffs Arbeitsersparniß die Dämpfe der schwefeligen Säure des Nachts einfach in's Freie zu entlassen. Schlockow ist für die Anlage einer Centralröststelle für Zinkblende in einer fern von allen Ortschaften gelegenen Gegend und ausgerüstet mit allen Vorsichtsmaßregeln, um die Beschädigung durch Dämpfe zu vermeiden.

Im Allgemeinen, sehen wir, ist die Möglichkeit gegeben, durch Condensation der Gase die Rauchbeschädigungen sehr einzuschränken. Daß es selbst bei strengster Ueberwachung der Industrie-Etablissements nicht an Beschädigungen durch saure Gase in Zukunft fehlen wird, ist leicht einzusehen. Indeß dürften sich die Schäden auf solche Gegenden beschränken lassen, in denen viele raucherzeugenden Hütten und Fabriken gehäuft liegen oder in denen enge Thalschluchten den Rauch zusammenhalten. In letzteren Lokalitäten ist nachgewiesenermaßen selbst der Lokomotivenrauch schädlich. Ist das Klima feucht, so treten die Schäden noch schneller zu Tage; im trocknen Klima vertragen die Pflanzen mehr Säure ohne Beschädigung.

---

[1]) Schlockow: Das Rösten der Zinkblende. Eingesandter Separatabzug.

Für solche Striche, welche nur gelegentlich, bei besonderen Windrichtungen z. B., durch saure Gase belästigt werden und dann allerdings auch vorübergehend leiden, erlangt die Frage der Anpflanzung passender Bäume eine erhöhte Bedeutung, während in typischen Rauchlagen es gleichgültig bleibt, welche Baumart angepflanzt wird; sie gehen eben alle zu Grunde. Bei der Bepflanzung in ersterwähnten Lokalitäten wird man als Maßstab entweder die Widerstandsfähigkeit der Arten oder, was mir minder richtig erscheint, die Schnelligkeit der Reproduktion bei der Auswahl gelten lassen müssen. In letzterer Beziehung geben Schröder und Reuß folgende Reihe, deren letzte Glieder die geringste Reproduktionskraft besitzen: Eiche, Ahorn, Esche, Erle, Pappel, Linde, dann Birke und als empfindlichste Holzart die Rothbuche. Bei den Nadelhölzern erscheint die Kiefer am widerstandsfähigsten; dann folgen Fichte und Tanne. In England werden Erle, Pappel und Esche [1]) als die sich am besten bewährenden Bäume empfohlen. Eichen und Buchen leiden am meisten, [2]) Lärchen wollen bisweilen gar nicht wachsen. Ulmen erscheinen weniger angegriffen; Spitzahorn hielt sich noch besser und am widerstandsfähigsten erschienen die Sycomoren, die österreichische und die gemeine Kiefer. Die belgische Commission [3]) erkannte als den am wenigsten empfindlichen Baum die Erle, als den für Säuredämpfe empfindlichsten die Hainbuche, welche gleichsam als Probebaum über Ausdehnung der Einwirkung saurer Gase verwendet werden kann. Auch die einzelnen Varietäten derselben Art verhalten sich verschieden. Unter den Aepfeln wird der Court-pendu plat (Kurzstiel) als besonders empfänglich gekennzeichnet. Heß berichtet, daß er in der Stadt Duisburg, welche wie die Fabrikstädte der Nachbarschaft während der Wochentage von Rauchwolken eingehüllt ist, prächtige Alleen der Feldulme gefunden habe.

Anhangsweise sei nun noch einer günstigen Wirkung des Rauches gedacht. Die Beobachtung stammt von St. Miguel (Azoren) und bedarf noch weiterer Prüfung. Die dort für die Ausfuhr nach England kultivirten Ananas (oft 30000 Pflanzen) werden in der kalten Jahreszeit durch künstliche, von oben kommende Wärme vermittelst tragbarer Heerde geschützt. Bei diesem Anlasse machte man die Beobachtung, daß jedesmal, wenn sich der Rauch in den Glashausräumen verbreitete, die Pflanzen bereits nach 14 Tagen Blüthen trugen; ebenso entwickelten Rosen und andere Gewächse zeitig Blüthenknospen. In Folge dieser Beobachtung wurde obiges Verfahren selbst in solchen Glashäusern eingeführt, welche für Bodenheizung eingerichtet waren. Somit scheint hier der Rauch günstig auf die Blüthenentwicklung eingewirkt zu haben. [4])

---

[1]) Gard. Chronicle 1874, S. 180.

[2]) ibid. 1875, S. 651.

[3]) Agnus Smith's Werk „Luft und Regen" s. Gard. Chron. 1872 u. 1876, I, S. 434.

[4]) Gard. Chron. 1878, II, S. 183.

5. Leuchtgas und andere Gase.

Es bleiben noch einige spezielle Punkte zu erwähnen, welche nicht minder die allgemeine Aufmerksamkeit auf sich ziehen. Morren[1]) hat sich noch mit einigen andern gasförmigen Körpern in ihren Beziehungen zur Vegetation beschäftigt und gefunden, daß der Schwefelwasserstoff in einer Beimischung von $^1/_{1300}$ des Luftvolums giftig auf die Pflanzen wirkt. Ebenso verhält sich der Schwefelkohlenstoff. Alle drei Gase rufen charakteristische Erscheinungen hervor. Die schwefelige Säure, wie schon oben erwähnt, verursacht die fahlen, später sich bräunenden Flecken zwischen den grün hervortretenden Nerven. Der Schwefelwasserstoff färbt das Blatt gänzlich olivengelb; der Schwefelkohlenstoff scheint dagegen die Blätter auszutrocknen, ohne ihre grüne Farbe wesentlich zu modifiziren. Reines Kohlenoxydgas ist ohne schädlichen Einfluß auf die Vegetation.

Der Schwefelwasserstoff hat darum eine wesentliche Bedeutung, weil er sich fast immer dem Leuchtgase beigemengt findet und auf diese Weise wahrscheinlich eine ganz wesentliche Bedingung für den schädlichen Einfluß des Leuchtgases, das in der Nähe von Wurzeln im Boden ausströmt, abgeben mag. Die alleinige Ursache ist er nicht, da Kny[2]) nachgewiesen, daß auch das sorgfältig von Schwefelwasserstoff gereinigte Leuchtgas den Wurzeln schädlich ist. Aus der Beschaffenheit der bläulich gefärbten, getödteten Wurzeln schließt Kny, daß das Gas mit der Nährstofflösung durch die Wurzelspitze aufgenommen wird. Was aber auch hier wieder mit Bestimmtheit sich ergiebt und seiner praktischen Bedeutung wegen eine fortgesetzte Reihe von Versuchen beansprucht, ist die Thatsache, daß die verschiedenen Bäume und Sträucher eine sehr große Verschiedenheit hinsichtlich der Widerstandsfähigkeit gegen den Einfluß des Gases zeigen. Während z. B. die Ulme sehr bald einging, hat die blutrothe Cornelkirsche (Cornus sanguinea) ohne wahrnehmbaren Schaden die Vergiftung mit Leuchtgas überstanden. Wie weit der Einfluß einer Gasleitungsröhre sich erstreckt, zeigt eine Analyse von Girardin,[3]) wonach der Boden noch in einer Entfernung von 1 m brenzliche Oele, Schwefel- und Ammoniakverbindungen aufwies.

Ein weiteres Beispiel für das verschiedenartige Verhalten der Pflanzen gegen Leuchtgas führt Lackner[4]) an, dessen Beobachtungen sich mehr auf den Einfluß beziehen, den Gas bei seiner Verbrennung im Zimmer auszuüben ver-

---

[1]) a. a. O. S., 243 ff.

[2]) Sitzungsber. d. Gesellsch. naturforsch. Freunde zu Berlin in Bot. Zeit. 1871, S. 869.

[3]) Jahresber. d. Agrik.-Chemie, Jahrg. VII, 1866, S. 199.

[4]) Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. d. Gartenb. in d. Kgl. Preuß. Staaten. Januar 1873, S. 22.

mag. Den Camellien und Azaleen ist ein Aufenthalt im Zimmer, wo viel Gas gebrannt wird, sehr schädlich und Epheu soll darin bald zu Grunde gehen; dagegen zeigen sich Palmen, Dracänen, Aucuba japonica und andere Pflanzen gar nicht empfindlich. Welches hierbei der schädliche Faktor sein mag, ist noch nicht festgestellt. Daß der bei der Verbrennung sich schnell steigernde Kohlensäuregehalt hierbei auf den Pflanzenkörper so schädlich wirkt, wie auf den Thierkörper, wie man früher anzunehmen geneigt war, ist nicht der Fall;[1]) es ist eher zu vermuthen, daß einzelne Produkte der unvollkommenen Verbrennung des Leuchtmaterials die Schuld tragen. Wie verschieden sich hierbei die einzelnen der gewöhnlich angewendeten Leuchtmaterialien verhalten, geht aus den Untersuchungen von Zoch[2]) hervor. Nach demselben steigert sich der Kohlensäuregehalt der Luft durch mehrstündiges Brennen einer einzigen mäßigen Gasflamme in einem Wohnraume mittlerer Größe bis nahezu auf 3 Prom., also zu einer Höhe, wie sie von Pettenkofer und Oertel nur in Hospitälern und Kasernen angetroffen wurde. Wenn man zur Herstellung derselben Lichtintensität Petroleum anwenden wollte, würde man allerdings noch mehr Kohlensäure erzeugen. Besser als beide Beleuchtungsmaterialien stellt sich das Rüböl, das auf 100 cbm Raum in 3 Stunden nur 1,190 Prom. Zunahme der Kohlensäure zeigt, während Leuchtgas unter denselben Verhältnissen 1,513 und Petroleum 1,779 Prom. Zunahme aufweisen.

Böhm's[3]) Versuche mit Weidenstecklingen in Flaschen mit Wasser, welchem Leuchtgas zugeführt worden, zeigten, daß die Wirkung eine langsam tödtende war; die nach 3 Monaten absterbenden Stecklinge hatten auf Kosten der gespeichert gewesenen Stärke neue, kurze Wurzeln gebildet. Die Wirkung war dabei weniger intensiv, als wenn das Wasser Kohlensäure zugeführt erhielt. In diesem Falle waren alle Neubildungen an dem im Wasser befindlichen Theile unterblieben, während der obere Theil, der Thyllen in den Gefäßen

---

[1]) Es ist im Gegentheil bei sonst günstigen Wachsthumsbedingungen bis zu einem hohen Prozentsatze hinauf der Kohlensäuregehalt nützlich, indem er die Produktion von Pflanzensubstanz befördert, was durch die vermehrte Sauerstoff-Ausscheidung angezeigt wird. Nach den Untersuchungen von Godlewski („Abhängigkeit der Sauerstoff-Ausscheidung der Blätter von dem Kohlensäuregehalt der Luft" in Sachs' Arbeiten des bot. Inst. zu Würzburg 1873, III, S. 343—370) liegt das Optimum des Kohlensäure-Gehalts im Verhältniß zu dem Gehalt der Luft ungeheuer hoch (5—10 %). Es erklärt sich hieraus die günstige Wirkung der Mistbeete und der mit Pferdemist erwärmten, niedrigen, in der Erde liegenden Glashäuser. Hier vereint sich die hohe Kohlensäureproduktion der sich zersetzenden organischen Substanz mit reichlicher Wärmeentwicklung,' abgeschwächtem Licht und feuchter Luft, also den wesentlichen Faktoren einer üppigen Blattentwicklung.

[2]) Ueber den Einfluß der künstlichen Beleuchtung auf die Luftqualität in Wohnungsräumen v. Branislaw Zoch, Zeitschr. f. Biologie 1867, S. 117, cit. in Jahresb. d. Agrik.-Chemie. X. Jahrg., S. 46.

[3]) Ueber den Einfluß des Leuchtgases auf die Vegetation. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Wien, Bd. LXVIII B.

bildete, noch krankhafte Triebe entwickelte; der Tod trat nach 2 Monaten ein. Bei andern Versuchen, in denen Wasserstoff zum Wasser zugeführt worden, war die Entwicklung nahezu normal.

Die Pflanzen starben auch, wenn Leuchtgas der Erde ihres Topfballens zugeleitet wurde. Samen, welche in Erde gelegt wurden, durch welche fast $2\frac{1}{2}$ Jahr lang Leuchtgas hindurch gegangen war, kamen nur zu einer höchst mangelhaften Entwicklung. Wurde durch solchen Boden längere Zeit hindurch ein Strom atmosphärischer Luft geleitet, so verlor die Erde ihre schädliche Wirkung durchaus nicht, so daß man diese Wirkung wohl vorzugsweise den theerartigen Produkten zuschreiben darf, welche sich im Boden in flüssiger oder fester Form absetzen.

Späth und Meyer[1]) fanden, daß schon eine verhältnißmäßig geringe Gasmenge (25 Kubikfuß auf 14,19 qm Fläche bei 1,25 m Tiefe täglich vertheilt) die mit dem Gas in Berührung kommenden Wurzeln tödtet. Weniger schädlich zeigte sich selbst ein größeres Gasquantum, wenn dasselbe die Bäume in der Zeit der Winterruhe bestrich. Auch hier erwiesen sich die verschiedenen Baumarten von verschiedener Widerstandskraft.

Am zweckmäßigsten erscheint vorläufig das durch Böhm empfohlene Verfahren von Juergens, die Gasröhren der Straßen ꝛc. in glasirte Thonröhren zu legen, welche Ausmündung in die Candelaber haben, so daß innerhalb der Thonröhren eine dauernde Ventilation stattfinden kann.

Zu den seltenen Fällen gehört die Vergiftung der Pflanzen durch kohlensaures Ammoniak. Ein mir bekannt gewordenes Beispiel betrifft das Absterben oder Entblättern der Pflanzen eines Glashauses, bei dessen Errichtung die Mauern eines Pferdestalles theilweis benutzt worden waren.

Selbst ganz hartblätterige Pflanzen, wie Aucuba, Viburnum Tinus, Prunus Lauro-Cerasus, Dracaena u. A., zeigten entweder über die ganze Blattfläche vertheilte, unregelmäßige, schwarze, oberseits etwas eingesunkene Flecken oder einzelne Blätter, die gänzlich vom Rande und der Spitze aus gleichmäßig geschwärzt erschienen; nur die Gegend der Hauptrippe war noch grün.

Die Gasentwicklung zeigte erst ihre verderbliche Wirkung im Herbst, als mit dem Heizen des Glashauses begonnen wurde.

Eine ähnliche Wirkung äußerten in einem anderen Falle die flüchtigen Theerprodukte in einem neuen, großen Kalthause, dessen Holzwerk im Sommer mit Theer gestrichen worden war. Während der Sommerzeit, in der fleißig gelüftet worden, war ein schädlicher Einfluß nicht wahrnehmbar; als aber im Winter geheizt wurde, verloren die Pflanzen fast sämmtlich ihre Blätter. Derartige Beobachtungen finden sich auch bereits in der früheren Literatur.[2])

---

[1]) Späth u. Meyer: Beobachtungen über den Einfluß des Leuchtgases.
[2]) Disaster from the use of coal-tar. Gard. Chron. 1876, I, S. 532.

Beschädigungen im Großen hat man auch in der Umgebung von Vulkanen durch den Einfluß der ausbrechenden Dämpfe wahrgenommen. Die in dem Dampfgemisch in wechselnden Mengen vorkommende, schwefelige Säure, sowie Salzsäure und Schwefelwasserstoff mögen wohl die Hauptursachen der Vergiftung sein. Sie dürften auch vorzugsweise die zerstörenden Wirkungen des Aschenregens veranlassen, die von Pasquale[1]) allerdings bei einem Ausbruche des Vesuv's dem reichlich gefallenen Kochsalz zugeschrieben wird. Nach den Mittheilungen dieses Beobachters verfärben sich die rothen und violetten Blüthenfarben theils in Blau (Papaver, Rosa, Gladiolus) theils bleiben sie unverändert (Viola tricolor, Convolvulus, Digitalis). Bei dem zur Zeit des Austreibens der Bäume eingetretenen Aschenregen wurden die grünen Pflanzentheile braun, wie nach Verbrennung oder Vertrocknung, aber nicht nach Verbrühen. Succulente und lederartige Blätter hatten nicht gelitten. Mechanische Einwirkungen des Aschenregens, wie etwa Verstopfung der Spaltöffnungen, ließen sich anfangs nicht constatiren; nach einigen Tagen schienen sie sich aber geltend zu machen.

Daß auch viele andere Gase im concentrirteren Zustande gefährlich wirken können, ist mehrfach experimentell festgestellt worden.[2]) Wir übergehen jedoch deren Aufzählung, da vorläufig diese Beschädigungen eine wirthschaftliche Bedeutung nicht erlangt haben und begnügen uns, schließlich darauf aufmerksam zu machen, daß auch der bei Vertilgung der Phylloxera jetzt vielfach in Anwendung gebrachte Schwefelkohlenstoff nicht nur in flüssiger Form, sondern auch als concentrirtes Gas die Wurzeln des Weinstockes tödtet, sobald sich diese innerhalb einer Entfernung von 10 cm von dem Orte der Anwendung des Mittels befinden.[3]) Getreidesamen[4]) erwiesen sich nach einer Einwirkung von einer Woche schon zu 50 % nicht mehr keimfähig; nur Rübsamen hatte selbst nach dreiwöchentlicher Einwirkung der Dämpfe seine Keimfähigkeit noch nicht eingebüßt.

Noch einmal zurückzukommen ist auf die Kohlensäure, die, in größerer Menge der Luft beigemengt, unbedingt schädlich wirkt. Böhm[5]) fand, daß wenn der Luft nur wenige Prozente des Gases beigemengt wurden, die verspillerten Pflanzen schon sehr unvollständig ergrünen; bei einer Beimengung von

---

[1]) Di alcuni effetti della caduta di cenere etc. Bot. Z. 1872, S. 729.

[2]) Sestini: Wirkung der Dämpfe verschiedener Substanzen (Chloroform, Essigsäure, Methylalkohol, Aethylalkohol) auf keimende Samen, cit. Bot. Z. 1879, S. 328.

[3]) Boiteau: Effets du sulfure de carbone sur le système radiculaire de la vigne. Compt. rend. t. LXXXVIII, I, p. 895.

[4]) Prillieux: Actions des vapeurs de sulfure de carbone sur les graines Aus „Bull. d. l. soc. bot. de France", cit. Bot. Z. 1879, S. 549.

[5]) Böhm: Ueber den Einfluß der Kohlensäure auf das Ergrünen und Wachsthum der Pflanzen, cit. Bot. Jahresbericht, I, S. 526 u. 268.

30 % sterben die Pflanzen ab. Ein Beispiel für den Einfluß starker Kohlensäureexhalationen erwähnt R. Hartig.[1]) Im Parke des schlesischen Badeortes Cudova sind einzelne Quellen kohlensäurereichen Wassers verschüttet, und an diesen Stellen wächst nur Gras, aber kein Strauch. Daß Kartoffeln in Kellern mit starken Kohlensäureexhalationen nach längerer Zeit süß werden sollen, ist schon früher erwähnt worden. Stickoxydulgas wirkt immer hemmend auf die Vegetation und bei längerer Einwirkung tödtend. Zersetzen können die Pflanzen dieses Gas nicht, und in Gemischen desselben sterben sie, sobald der vorhandene Sauerstoff verbraucht ist.[2])

Molisch[3]) fand, daß die Empfindlichkeit der Wurzeln gegen Gase eine sehr verschiedene ist; es ruft beispielsweise der Sauerstoff eine schwache, die Kohlensäure eine stärkere und Chlor eine sehr energische Wirkung hervor. Diese Wirkung äußert sich in einer Ablenkung der wachsenden Wurzel, falls dieselbe an zwei entgegengesetzten Seiten von einem Gase in verschiedener Menge umspült wird. Die Ablenkungserscheinung nennt M. den Aërotropismus, der positiv und negativ sich äußern kann und der als eine Form von paratonischer Nutation aufgefaßt werden muß. Positiv aërotropisch, also der Gasquelle zugekehrt, krümmt sich die Wurzel bei zu großer Intensität der Gaswirkung, während sie sich bei mäßiger Einwirkung des Gases negativ, also die Gasquelle fliehend, zeigt.

Die positive Wirkung wird dadurch hervorgebracht, daß die stärkerer Gaswirkung ausgesetzte Wurzelseite geschädigt und in ihrem Wachsthum zurückgehalten wird. Eine Erklärung der negativen Krümmung, also einer Wachsthumsbeschleunigung auf der dem Gase exponirteren Seite, weiß M. nicht zu geben. Die Vermuthung, daß die convex werdende Seite sich grade im Optimum der Gasspannung befinden dürfte, weist Verfasser auf Grund von Versuchen zurück.

Leuchtgas wirkt sehr schädlich auf die Pflanzen und zwar schon in sehr kleinen Mengen (0,005 %), woraus zu ersehen ist, daß dieses Gas wirklich als Gift direkt und nicht etwa durch Verdrängung des Sauerstoffs wirkt. Eine ebensolche Hemmung des Längenwachsthums der Wurzel tritt auch bei Kohlensäure- und Chlorwirkung ein; nur sind dazu schon etwas größere Mengen als bei Leuchtgas erforderlich. Die erwähnten Krümmungserscheinungen wurden ferner noch bei Chlorwasserstoffsäure, Ammoniak, Chloroform, Aether- u. a. Dämpfen beobachtet.

---

[1]) Lehrbuch der Baumkrankheiten 1882, S. 176.

[2]) Detmer: Ueber die Einwirkung verschiedener Gase, insbesondere des Stickoxydulgases auf Pflanzenzellen, cit. in Biedermann's Centralbl. 1882, S. 675.

[3]) Hans Molisch: Ueber die Ablenkung der Wurzeln von ihrer normalen Wachsthumsrichtung durch Gase (Aërotropismus), Arb. d. pflanzenphysiol. Inst. d. k. k. Wiener Universität, XXIX. Sitzungsber. d. k. Akad. d. Wissensch., Wien, I. Abth., Juli 1884.

Bei dem Sauerstoff treten die Wirkungen etwas complicirter auf. Junge, kurze Keimwurzeln, die mit ihrer Spitze in Wasser tauchen, laufen entweder sofort oder nach Ausführung verschiedener Verkrümmungen innerhalb des Wassers eine längere Zeit an der Wasseroberfläche horizontal weiter, bis sie sich endlich (wohl vermöge ihres zunehmenden Gewichtes) in das Wasser dauernd einsenken. Diese Erscheinung deutet M. als eine durch den hohen Sauerstoffgehalt der obersten Wasserschichten bedingte, aërotropische Bewegung, welche die Wurzel die sauerstoffarmen, tieferen Wasserschichten fliehen läßt. Daß ein solches Fliehen sauerstoffarmer Medien thatsächlich vorhanden ist, zeigen Versuche, bei denen junge Wurzeln vor den Spalt eines Gefäßes gebracht wurden, das eine (sauerstoffabsorbirende) alkalische Lösung von Pyrogallussäure (0,25 g Pyrogallussäure in 10 ccm Kalilauge von 1,050 spez. Gew.) enthielt. Die Wurzeln krümmten sich anfänglich etwas in den Spalt hinein, wurden jedoch nach 2 und mehr Stunden gerade und wuchsen dann von der sauerstoffarmen Seite weg. Dieses Fliehen sauerstoffarmer Medien kann zur Erklärung der Erscheinung dienen, daß die Wurzeln bei vielen Pflanzen nachweislich nur bis zu einer gewissen Tiefe in den Erdboden gehen.

Da eine positive Erklärung der beobachteten Thatsachen zur Zeit noch nicht vorhanden, so ist die Aufstellung einer Hypothese gestattet. Wenn man annimmt, daß sowohl Sauerstoffmangel wie Sauerstoffüberschuß außer anderen Wirkungen auf den Zellenleib auch eine Lockerung der Membran, eine Schwächung der Cohäsion der Membranmicellen untereinander hervorbringt, dann würde sich mehr Wasser in die vergrößerten Micellarinterstitien einlagern und eine Verlängerung der Membran an der ungünstig situirten Seite hervorbringen. Dies setzt voraus, daß die Irritation der Zelle nicht derartig tiefeingreifend ist, daß der Plasmaleib und damit die Turgescenz der Zelle geschädigt wird, sondern auf allen Seiten dieselbe bleibt. Uebersteigt dagegen der Sauerstoffüberschuß einen gewissen Grad, so daß die die Turgescenz der Zelle bedingenden Faktoren in Mitleidenschaft gezogen werden, dann hat die Erschlaffung der Membran keine größere Wassereinlagerung zur Folge; es überwiegt das Wachsthum der Gegenseite und es erfolgt eine Krümmung nach der Gasquelle hin. In derselben Weise lassen sich die je nach der Intensität der Gaswirkung bald positiven, bald negativen aërotropischen Krümmungen der andern Gase erklären.

Auch die von Wiesner und Molisch beobachtete Thatsache, daß decapitirte Wurzeln in Wasser mehr, in feuchter Luft weniger wie unverletzte Wurzeln wachsen, erscheint von dem Gesichtspunkte aus erklärlich, daß der Wundreiz bis zu einer gewissen Strecke in das gesunde Gewebe hinein eine Erschlaffung der Membranen, eine größere Einlagerung von Wasser und in Folge dessen die größere Streckung einer Gewebezone hervorruft.

6. Schädlich wirkende Flüssigkeiten.

In erster Linie ist hier der Abflußwässer aus Hütten und Fabriken zu gedenken. Mit der Untersuchung solcher Gewässer aus Zinkblendegruben hat sich König eingehender beschäftigt.[1] Es zeigte sich, daß auch die Bäche, welche das Abflußwasser aufnahmen, schwefelsaures Zinkoxyd in Lösung enthielten. Auf den bewässerten Wiesen zeigte sich ein deutlicher Rückgang des Ertrages und stellenweis eine nur noch kümmerliche Vegetation. Da, wo Zinkerze zufällig verschüttet wurden, erlosch die Vegetation; nur eine spezifische Zinkpflanze (die „weiße Erzblume") erschien noch. Die auf derartigen Fehlstellen gewachsenen Gräser, sowie die verkümmerten Sträucher von Buche und Ahorn enthielten bis 2,78 % ihrer Asche an Zink, während die Asche gesunder Wiesenpflanzen dieses Metall nicht besaß. Die erwähnte „Erzblume" hatte nicht weniger als 11 bis 15 % Zinkoxyd in ihrer Asche. Man sieht, wie verschieden wiederum sich die einzelnen Pflanzen verhalten und welche hohe Concentrationen manchmal vertragen werden. Die Beschädigungen erscheinen erst nach einer längeren Reihe von Jahren, nachdem sich das im Bachwasser in absolut geringen Mengen vorhandene Zinkoxyd zu einer großen Menge angehäuft hat. Aus diesem Umstande folgert König mit Recht, daß die den Gruben bei der Concessionsertheilung auferlegte Verpflichtung, nur klares Wasser abfließen zu lassen, nicht ausreichend zum Schutze der Wiesenbesitzer sei.

Eine Erweiterung der erwähnten Erfahrungen liefern zwei Arbeiten, von denen die eine von A. Baumann[2]) ausschließlich den Einfluß von Zinksalzen auf Pflanzen und Boden studirt, während die zweite von Nobbe, Bäßler und Will[3]) neben dem Zink sich auch mit den durch Arsen und Blei hervorgerufenen Schädigungen beschäftigt.

Aus den Resultaten der Baumann'schen Versuche ist hervorzuheben, daß das schwefelsaure Zink in gelöster Form für die Pflanzen sich viel schädlicher erweist, als man bisher annahm; kleine Mengen (etwa 1 ‰ Zink, also 4,4 mg Zinkvitriol im Liter) haben sich bei allen Versuchspflanzen (13 Spezies aus 7 Familien) mit Ausnahme des Rettigs als vollkommen unschädlich erwiesen. Die Coniferen sind sehr widerstandsfähig; sie vertrugen noch eine Lösung von 1 % Zinkgehalt, während die Angiospermen schon bei 5 mg Zink pro Liter zu Grunde gingen, und zwar starben ältere Pflanzen im Allgemeinen schneller ab, als jüngere.

---

1) König: Untersuchungen über Beschädigungen von Boden und Pflanzen durch industrielle Abflußwasser und Gase, cit. in Biedermann's Centralbl. 1879, S. 564.

2) A. Baumann: Das Verhalten von Zinksalzen gegen Pflanzen und im Boden. Preisschrift 1884. Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. XXXI, Heft I, 1884, S. 1.

3) Nobbe, Bäßler u. Will: Untersuchungen über die Giftwirkung des Arsen, Blei und Zink im pflanzlichen Organismus. Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. XXX, Heft 5 u. 6.

Kenntlich macht sich die Giftwirkung durch eine auffallende Farbenänderung der kranken Pflanzen. Auf den Blättern erscheinen einzelne, kleine Flecke von metallglänzender oder rostgelber Farbe, die schließlich sich über die ganze Blattfläche ausbreiten. Daß das Zink ganz speziell den Chlorophyllapparat angreift und damit die Assimilationsarbeit behindert, wird durch die Beobachtung nahe gelegt, daß Keimlinge mit noch nicht ausgebildeten Chlorophyllkörnern, sowie Dunkelpflanzen und Pilze sich gegen relativ hochconcentrirte Zinklösungen indifferent verhalten.

Auch in den Boden gebracht üben Zinkcarbonat und Zinksulphid eine schädliche Wirkung aus. An sich selbst schaden sie zwar nicht, obgleich sie in kohlensäurehaltigem Wasser in ziemlich beträchtlichen Mengen löslich sind, wobei das Zinksulphid sich zuerst in Zinkcarbonat umwandelt. Aber ihre Auflösung wird durch die Bodenbestandtheile verhindert und ihre verhängnißvolle Wirkung liegt in der Umsetzung, die das Zink in der Form von Vitriol mit den Kali-, Kalk- und Magnesiumsalzen eingeht, wodurch diese Nährstoffe löslich und auswaschbar werden. Auf armen Sandböden kann recht wohl dadurch Unfruchtbarkeit erzeugt werden, und in dieser Entführung von Nährstoffen liegt auch die Schädlichkeit der Berieselung mit Abwässern aus Zinkhütten.

Die Löslichkeit des Zinks im Boden hängt aber wesentlich von dem Gehalt desselben an kohlensaurem Kalk ab. Bei Anwesenheit dieses Minerals in etwa vierfacher Menge des Schwefelzinks wird überhaupt kein Zink mehr in Lösung gebracht. Ein durch Zinksulphat verdorbener Boden wird durch Zufuhr solcher Stoffe, welche die löslichen Zinksalze unlöslich machen, zu verbessern sein. In dieser Hinsicht hat sich Humus ausgezeichnet erwiesen, und man wird deßhalb eine Düngung mit Moorerde empfehlen können. Bei Mangel derselben wird reichlich Stalldünger, Thon oder Mergel zu verwenden sein. Mergel oder Kalk wird unter allen Umständen gegeben werden müssen.

Daß Zink übrigens nicht blos bei den Zinkpflanzen und andern Gewächsen auf zinkreichen Böden, sondern auch bei Pflanzen in Lokalitäten, in denen man kein Zink vermuthet, vorkommt, ist durch mehrfache Beobachtungen festgestellt worden. So fanden es Lechatier und Bellamy [1]) im menschlichen Körper, im Muskelfleisch der Wiederkäuer, im Hühnerei und in immerhin quantitativ noch nachweisbarer Menge in Weizen, Gerste, Mais, Bohnen und Wicken. Forchhammer [2]) fand es in der Asche von Buchen, Birken, Kiefern, Seegras (Zostera marina) und Tangen (Fucus vesiculosus). Doch ist die Verfütterung solcher zinkhaltigen Pflanzen, selbst wenn sie von Zinkböden stammen, unschädlich, und Mylius constatirte, daß ein Wasser, welches 7 ‰ Zinkoxyd

[1]) Compt. rend., LXXXIV, S. 687.

[2]) Poggendorf's Annal., XCV, 90.

enthielt, seit 100 Jahren ohne irgend welche schädliche Folgen als Trinkwasser benutzt worden ist.

Die Versuche von Nobbe, Bäßler und Will bestanden in Zuführung von Blei-, Zink- und Arsensalzen zu gesunden Pflanzen von Erbsen, Hafer, Mais, Buchweizen u. A., die in Nährstofflösung gezogen waren. Bei Blei und Zink kamen salpetersaure und kohlensaure Salze zur Verwendung und es zeigte sich hierbei, daß das Zink schädlicher wie Blei wirkt. Bei einem Zusatz von 1 $^0/_{00}$ Zink starben schon nach 3 Tagen die Pflanzen, während bei gleichgroßem Zusatz von Blei der Tod erst 41 Tage nach der Vergiftung eintrat. Bei den starken Zinkgaben zeigten sich in kurzer Zeit Erscheinungen des Welkens und der Krümmung der Internodien; diese Erscheinungen schwanden wieder nach wenigen Stunden, so daß die Pflanzen noch einmal turgescent wurden, um dann allmählich zu Grunde zu gehen. Bedeutend geringere Zusätze der Metalle, als oben angegeben, zeigen sich auch entsprechend schwächer in ihrer Wirkung (namentlich bei Bleipflanzen, bei denen sich das Bleinitrat in der Lösung in unlösliches Bleisulphat umgesetzt hat), so daß solche Pflanzen von den ohne Metallvergiftung gebliebenen nicht zu unterscheiden sind. In andern Fällen können aber die Pflanzen vollkommen gesund erscheinen und doch eine Giftwirkung darin erkennen lassen, daß die Massenproduktion hinter der normalen zurückbleibt.

Den Haupttheil der Arbeit bilden die Versuche über den Einfluß des Arsens, das als arsenigsaures Kalium den Nährlösungen zugefügt wurde. Hier zeigte sich, welch ein heftiges Pflanzengift das Arsen ist; noch bei einer Gabe von 1 Millionstel bringt es meßbare Wachsthumsstörungen hervor, obgleich das Element nur in sehr geringen Mengen in die Pflanze eintritt. Die Wirkung geht von den Wurzeln aus, deren Zellen in ihren osmotischen Actionen gestört, zu Transpirationsstörungen in den oberirdischen Organen Veranlassung geben und damit den Tod der Pflanze einleiten. Verhindert man die Transpiration durch Einstellen der Pflanzen in feuchte Räume oder durch Verdunkelung, so halten sich die vergifteten Pflanzen zwar länger turgescent, aber die Giftwirkung wird dadurch nicht aufgehoben. Schon eine Einwirkung von etwas mehr als 10 Minuten, die das Arsen auf die Wurzeln ausübt, genügt, um Wachsthumsstörungen oder auch wohl gänzliches Absterben herbeizuführen.

Ein Stoff, der bei Verwendung von Ammoniak-Superphosphaten zur Düngung eine gefahrbringende Rolle spielen kann, ist das Rhodanammonium. Obgleich sich das Rhodan im Boden ziemlich schnell zersetzt, so ist doch vor der Anwendung von Superphosphaten, welche mit schwefelsaurem Ammoniak aus Abfällen der Leuchtgasbereitung gemischt sind, zu warnen, da die Versuche von König und Klien[1]) die Giftigkeit außer Zweifel gestellt haben. Aller-

[1]) Biedermann's Centralbl., August-Heft 1884, S. 519.

dings enthält das schwefelsaure Ammoniak nur bei schlechter Reinigung das Rhodanammonium.

In den Abflußwässern einer Färberei fanden sich neben viel organischen Stoffen auch schwefelsaures Natron. Bei einer Drahtzieherei und Färberei zeigte sich ein hoher Gehalt an schwefelsaurem Eisenoxydul, welches auch reichlich bei einer Schwefelkieswäscherei auftrat. Im letzteren Falle ergab die Umrechnung von Säuren und Basen zu Salzen eine kleine Menge freier Schwefelsäure, was daher kommt, daß der Schwefelkies sich bei der Wäscherei in schwefelsaures Eisenoxydul und freie Schwefelsäure umsetzt.

Alle solche Abflußwässer müssen als schädlich für die Wiesen erklärt werden.

Die Untersuchungen von Krauch [1]) beschäftigen sich mit der Giftigkeit des Leuchtgases und der giftigen Stoffe, welche bei der Fabrikation des Leuchtgases auftreten. Unter den Bestandtheilen des Gaskalkes, des Condensations- und Gasometerwassers finden sich eine ganze Reihe schädlicher Stoffe; es gehören dahin die Cyan- und Rhodan-Verbindungen, Schwefelkalium, Schwefelammonium, sowie die schwefeligsauren und unterschwefeligsauren Salze und die Carbolsäure. Von der Schädlichkeit des Rhodan's zeugt ein Versuch mit Gerste in Wasserkultur; bei Zusatz von 0,1 g Rhodanammon pro Liter Nährlösung starben die Pflanzen allmählich ab.

Zinkvitriol bei andern Versuchen, in derselben Menge wie das Rhodan zugesetzt, ließ Gräser schon nach wenigen Tagen unter rothbrauner Verfärbung absterben. Verfasser gedenkt auch eines Falles von Verschlechterung einer Wiese durch Rieselwasser, welches freie Schwefelsäure, Eisenoxydul und Eisenoxydschlamm hatte.

Betreffs des Eisenvitriols und der Carbolsäure ist ein etwas näheres Eingehen nothwendig, weil diese Stoffe als Desinfectionsmittel bei Senkgruben in reichlicher Anwendung sind und mit dem Dünger ihren Einfluß dann auf den Acker ausüben. Experimentell wurde die Frage von Neßler [2]) behandelt, welcher die zu prüfenden Stoffe einerseits einem bestimmten Bodenquantum beimischte und Samen in die Mischung aussäete; andrerseits keimende Samen mit Lösungen der Chemikalien begoß. Bei Eisenvitriol zeigte sich ein schädlicher Einfluß bei Zusatz von 0,25 g zu 1700 l Erde, gleichviel ob das Eisensalz vorher mit Ammoniak versetzt war oder nicht. In den carbolsäurehaltigen Töpfen keimten zwar alle Samen, starben aber ab, sobald der Gehalt an reiner oder mit Ammon neutralisirter Carbolsäure mehr als 0,1 g zu 1700 g Erde

[1]) Krauch: Ueber Pflanzenvergiftungen, cit. Bot. Centralbl. 1882, Bd. XII, S. 130.

[2]) Neßler: Einfluß des Eisenvitriols und der Carbolsäure, welche dem Dünger zugesetzt werden 2c., cit. Bot. Jahresbericht 1877, S. 859.

betrug. Beachtenswerth erscheint das Resultat einer zweiten Versuchsreihe mit geringerer Beleuchtung, aber größerer Feuchtigkeit. Hier vertrugen die Pflanzen bis zu 2 g Eisenvitriol und 0,5 g Carbolsäure für das oben angegebene Erdquantum und standen bei Zuführung geringerer Mengen sogar schöner, als die Controlpflanzen.

Da bei dem Mischen von Abtrittsdünger mit Eisenvitriol eine große Menge von Schwefeleisen entsteht, so setzte Neßler auch solches (gebildet durch Fällung von Eisenvitriol mit Schwefelammon) dem Boden zu. Wenn die Substanz, suspendirt im Wasser, direkt mit den Keimpflanzen in Berührung kam, gingen diese bald zu Grunde; dagegen zeigte sich bei feiner Vertheilung in Erde keine erhebliche Wirkung. Im letzteren Falle geht es durch die Berührung mit der Luft in Eisenvitriol und schwefelsaures Eisenoxyd über, die in zu geringen Mengen vorhanden sind, um zu schaden. Würde dagegen eine größere Menge von suspendirtem Schwefeleisen auf den Boden gegossen werden, so würden an den betreffenden Stellen auch hochconcentrirte, schädliche Lösungen von Vitriol entstehen.

Also auch desinfizirter Abtrittsdünger ist, ebenso wie der gewöhnliche, nie frisch zur Bestellung zu verwenden.

Der Beschädigungen der Pflanzen durch Urin, sowie der Nachtheile der Spüljauchenkulturen kann hier nur vorübergehend gedacht werden. Der interessirte Leser wird die umfangreiche Literatur der Städtereinigungsfrage dabei zu Rathe ziehen müssen.

Ebenso kann die Behandlung der Frage über den Einfluß der verschiedenen Chemikalien auf Samen hier nur berührt werden. Die Frage hat ihre wirthschaftliche Bedeutung, weil unsere Kulturbestrebungen sich auch auf eine Behandlung der Samen mit Chemikalien vor der Aussaat zwecks Düngung (Candiren) oder Beizung gegen Parasiten erstrecken. Einiger wichtigen Arbeiten auf diesen Gebieten ist aber bereits in früheren Kapiteln gedacht worden. Ueber den Einfluß von Kupfer- und Eisenvitriol, der verbreitetsten Beizmittel, werden bei den Brandkrankheiten weitere Notizen gegeben werden. Betreffs des Kochsalzes mag noch auf einige neuere Arbeiten ein kurzer Hinweis erfolgen.

Neßler[1]) fand schon eine Lösung von $^1/_2$ % Kochsalz nachtheilig auf das Keimen von Raps, Klee, Hanf einwirkend, während bei Weizen eine Schädigung noch nicht bemerkbar war. Hanf zeigte schon abnormes Wachsthum bei $^1/_4$ % Lösung. Schwächer concentrirte Lösungen (0,6 ‰) erwiesen sich in den Versuchen von Krauch[2]) mit Gerste, Ray- und Timotheegras und Weiden in Nährstofflösungen als unschädlich. Ueber den Einfluß von Koch-

---

[1]) Einfluß der Stärke verschiedener Lösungen auf das Keimen der Samen 2c., cit. in Biedermann's Centralbl. 1877, II, S. 125.

[2]) a. a. O., S. 131.

salzlösungen von einer Concentration des Wassers der Ostsee (2,7 %) und der Nordsee (3,47 %) haben R. Hartig und Schütze[1]) bei Waldbäumen Versuche angestellt. Saatbeete mit Kiefern, Fichten, Rothbuchen und Akazien erhielten einen einmaligen Guß von 14 l pro Quadratmeter. Einjährige und dreijährige Fichten starben schon bei Ostseewasser, welches bei sechsjährigen Fichten aber nur theilweise Bräunung veranlaßte; bei Nordseewasser starben diese aber auch. Im Allgemeinen zeigte sich die Kiefer am empfindlichsten.

In dem Kapitel „Ueberdüngtes Saatgut" sind Beispiele des schädlichen Einflusses der Düngesalze, die auch bei dem Candiren der Samen Verwendung finden, gegeben.[2])

Cap. IV. Wunden.

1. Wunden des Achsenorgans.

So verschiedenartig die zufällig oder absichtlich dem Baumstamm zugefügten Verwundungen auch sind, so übereinstimmend im Wesentlichen ist bei allen der Heilungsprozeß.

Wir sehen, daß in allen Fällen, in denen die Verwundung der Achse so weit geht, daß der Holzkörper an der Bildung der Wundfläche betheiligt ist, das zwischen Holz und Rinde liegende Cambium, welches bei ungestörter Entwicklung während der Vegetationszeit durch seine Umwandlung in neue Holz- und Rindenlagen das Dickenwachsthum des Stammes vermittelt, sowie die aus dem Cambium unmittelbar hervorgegangenen, jungen Gewebeelemente, die wir im Folgenden mit in die Bezeichnung „Cambium" hineinziehen, es sind, welche

---

[1]) R. Hartig: Lehrbuch der Baumkrankheiten, S. 175.

[2]) Ueber den Einfluß der verschiedensten Chemikalien auf Samen u. Pflanzen siehe:
De Candolle: Physiologie vegetale, III.

Göppert: De Acidi hydrocyanici etc. Breslau 1827. — Einwirkung des Camphers auf die Vegetation. Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gartenb. 1829, 12 Lief.

Conwentz: Ueber das Verhältniß des Camphers zc. Bot. Z. 1874, S. 401; derselbe giebt wie Göppert auch frühere Beobachtungen anderer Forscher wieder.

Nobbe: Versuchsstationen 1871, S. 374.

Peligot: de l'action que l'acide borique etc. Compt. rend. 1876, II, S. 686.

Heckel in Biedermann's Centralbl. 1876, I, S. 396.

v. Tautphöus: Einfluß des Einquellens der Samen in verschiedene Salzlösungen. Inauguraldissertation, München 1876.

Sestini a. a. O.

Gigliolі: Resistenza dei semi etc. Bot. Jahresb. 1879, I, S. 253. — Biedermann's Centralbl. 1882, S. 677.

die Heilung der Wundfläche des ausgewachsenen Stammtheils allein übernehmen. Bei krautartigen Stämmen oder krautartigen Theilen von Holzpflanzen können noch andere Gewebeformen sich an der Wundheilung betheiligen, wie bei Besprechung der einzelnen diesbezüglichen Fälle später gezeigt werden wird.

Die Bildungen aber, welche aus dem Cambium bei der Wundheilung hervorgehen, weichen in ihrem Bau wesentlich von dem des normalen Holzringes ab. Die Ursache dieses abweichenden Baues des Wundholzes ist darin zu suchen, daß die Druckverhältnisse, unter denen das zur Wundheilung dienende Gewebe entsteht, gänzlich andere als bei der Bildung des normalen Holzkörpers sind.

Anlehnend an die Untersuchungen von G. Kraus mag zunächst daran erinnert werden, daß jeder Stamm und Zweig durch das verschiedene Wachsthum seiner einzelnen, mit einander verbundenen Gewebeformen bedeutende Spannungen in seinem Innern besitzt. Die von Hofmeister[1]) begonnenen, von Sachs[2]) geklärten und erweiterten, von Kraus[3]) umfassend studirten Experimente über die Gewebespannung haben bewiesen, daß das Längenwachsthum jedes Achsengliedes (Internodium) unserer Bäume von zwei Faktoren geregelt wird.

Das centrale Gewebe des Sprosses, speziell das Mark ist der streckende Faktor[4]), das in die Höhe treibende Gewebe des Sprosses; es wird in seinem ganz bedeutenden, bei der Trennung von dem übrigen Gewebe recht deutlich hervortretenden Streben, sich zu verlängern und das umgebende Gewebe mit in die Höhe zu ziehen, gemäßigt und zurückgehalten durch den Zug, den die sehr elastisch gewordenen, peripherischen Gewebepartien des Rindenkörpers ausüben. Diese verkürzen sich, wenn man sie isolirt; sie verkürzen sich auch in ihrer natürlichen Lage am Baume regelmäßig des Nachts durch radiale Schwellung in Folge einer durch die Wärmedifferenz bedingten Aufnahme von Wasser aus dem Holzkörper.[5])

So lange der Sproß also wächst, entwickelt sich eine bedeutende Längsspannung durch den Kampf der streckenden Gewalt des Markes mit dem Bestreben der Umgebung, zumal des Rindenkörpers, sich und das umliegende Gewebe zusammenzuziehen. Der Erfolg des Kampfes dokumentirt sich auch in der Länge der Markzellen innerhalb eines Internodiums. Die Zellmessungen haben

---

[1]) Hofmeister: Ueber die Beugung saftreicher Pflanzentheile durch Erschütterung. Ber. d. kgl. sächs. Ges. d. Wissensch. 1859, S. 194.

[2]) Sachs: Experimentalphysiologie, S. 465—514.

[3]) Gregor Kraus: Die Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen. Botan. Zeit. 1867, Nr. 14 ff.

[4]) Schon Hales adoptirt nach Kraus (a. a. O., S. 141) die von Borelli in einem Buche „de motu Animalium" geäußerte Ansicht, „daß der junge Sproß wächst und sich streckt durch Ausdehnung der Feuchtigkeit in dem schwammigen Mark."

[5]) G. Kraus: Ueber die Vertheilung und Bedeutung des Wassers bei Wachsthums- und Spannungsvorgängen in der Pflanze. Bot. Zeit. 1877, S. 595.

gezeigt, daß die Markzellen anfangs länger sind, als später und daß mit ihrer späteren Verkürzung eine sehr starke Verbreiterung verbunden ist. Diese Verbreiterung ist die Folge des endlichen Ueberwiegens des peripherischen Zuges. Mit der Vollendung des Längenwachsthums des Internodiums tritt die Querspannung in den Vordergrund.

Es ist leicht verständlich, daß nach Beendigung des Längenwachsthums eines Pflanzentheils andere Spannungen eintreten müssen, wenn man bedenkt, daß der fertig gestreckte Stammtheil sich jetzt dauernd verdickt und daß diese Verdickung von der Umwandlung des zwischen Rinde und Holz liegenden Cambiumcylinders zu neuen Holz- und Rindenelementen herrührt.

Wenn im folgenden Jahre der einjährige Sproß neue Holzlagen auf die vorjährigen lagert, müssen diese neuen Holzlagen sich Platz unter dem Gürtel, den die Rinde und deren äußere Korkschichten bilden, zu verschaffen suchen. Dieser Platz ist nur zu gewinnen durch Auseinanderpressung des Rindenmantels, der aber nicht widerstandslos nachgiebt. Dieser Widerstand macht sich geltend als Druck, und so finden wir während des Dickenwachsthums eines Sprosses das zarte Gewebe des Cambiums gepreßt auf der einen Seite von dem Ausdehnungsbestreben des fertigen und jungen Holzkörpers, gedrückt auf der Außenseite von dem schnürenden Einfluß des nur sehr starken Kräften nachgebenden Rindenmantels.

Unter diesem zweifachen Drucke bilden sich aus dem Cambium die Elemente des Holzkörpers, nämlich die langgestreckten, dickwandigen, inhaltsarmen oder inhaltslosen Holzzellen sowie die Gefäße und gefäßähnlichen Zellen.

Durch die Untersuchungen von de Vries[1]) ist nun experimentell festgestellt worden, daß das Holz um so engzelliger (und gefäßärmer) wird, je größer der Rindendruck ist. De Vries erhöhte durch Umlegung eines festen Bandes den schnürenden Einfluß des Rindenmantels und lockerte bei anderen Exemplaren künstlich den Druck der Rinde durch Längseinschnitte in dieselbe. Dadurch gelang es ihm, die schon von Sachs[2]) vermuthete Entstehung der Jahresringe durch den im Laufe des Jahres regelmäßig wechselnden Rindendruck zu erklären.[3])

[1]) Hugo de Vries: Ueber den Einfluß des Rindendruckes auf den anatomischen Bau des Holzes. Flora 1875, Nr. 7.
Sanio: Bot. Zeit. 1863, S. 393.

[2]) Sachs: Lehrbuch d. Bot., I Aufl. 1868, S. 409.

[3]) Die in neuester Zeit veröffentlichten Untersuchungen von Krabbe: Ueber die Beziehungen der Rindenspannung zur Bildung der Jahresringe und zur Ablenkung der Markstrahlen, kommen zu dem Resultate, daß dem radialen Rindendrucke wegen seiner Geringfügigkeit kein Einfluß auf die Jahresringbildung zuzuschreiben sei. Mir scheint indeß die gehandhabte Methode nicht vorwurfsfrei, so daß ein Zweifel in die Richtigkeit der Resultate wohl berechtigt ist. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. zu Berlin 14. Dez. 1882, cit. Bot. Zeit. 1883, S. 399.

Der Rindendruck ist im Frühjahr zur Zeit, wo das Holz durch Wasseraufnahme am stärksten gequollen ist, sehr groß, wie durch die um diese Zeit stattfindende Entstehung neuer Rindenrisse und die Erweiterung der schon vorhandenen bemerkbar wird. Während der Blätterentfaltung verliert das Holz einen großen Theil seines Wassers durch Verdunstung; es zieht sich mehr zusammen und der Druck der nun einmal schon erweiterten Rinde wird geringer, mithin die zu dieser Zeit kenntliche Bildung weiterer Holzzellen erklärbar. Je mehr sich aber nun im Laufe des Sommers neues Holz unter der Rinde bildet, desto größer wird dessen Innendruck auf dieselbe; gleichzeitig verlieren die Rindenschichten durch Trockenheit einen Theil ihrer Dehnbarkeit und ihr Widerstand gegen den Innendruck des Holzes wird um so größer. Unter solchen erhöhten Druckverhältnissen sehen wir das eng- und breitzellige, dickwandige Herbstholz entstehen.

Ein anderer Punkt, den ich bei künstlichen Schnürstellen zu beobachten Gelegenheit hatte, ist die durch Vermehrung des Rindendruckes bedingte Vermehrung der spiraligen Drehung der Holzelemente, welche bei endlich überwallten Drahteinschnürungen sich derart gesteigert zeigte, daß in einer gewissen Zone des Ueberwallungsgewebes die sonst längsverlaufenden Holzzellen fast horizontal lagen. Ein Radialschnitt zeigt unmittelbar über dem überwallten Drahtringe eine Zone von Holzzellen quer durchschnitten statt längsverlaufend. Diese horizontal gelagerten Fasern nehmen allmählich wieder ihren vertikalen, normalen Verlauf da an, wo die Geschwulst sich abschwächt und in den normalen Stamm übergeht.

Die vermehrte Drehung der Holzelemente durch erhöhten Rindendruck erklärt jetzt auch die bekannte Erscheinung der nicht parasitären Drehwüchsigkeit, die besonders in trocknen, armen Bodenlagen auftritt und bei sehr verschiedenen Baumarten beobachtet worden ist. Die Ursachen der Erhöhung des Rindendruckes werden in den einzelnen Fällen verschieden sein.

Die so bedingte, regelmäßige Schichtung des Holzkörpers aus weitem Frühjahrsholz und engem Herbstholz ist nur ein spezieller Fall des durch de Vries bewiesenen Gesetzes, daß Erhöhung des Rindendruckes engzelliges, Lockerung der Rinde dagegen weitzelliges Holz erzeugt.

Wie man sich aber durch Zählung der Zellen nach künstlicher Lockerung leicht überzeugen kann, wirkt diese Lockerung nicht nur auf die Ausbildung, sondern auch auf die Vermehrung der Cambiumzellen. Je geringer der Rindendruck ist, desto größer ist die Zahl der Zelltheilungen in der Richtung des Stammradius, desto größer ist auch die Streckung der einzelnen Zellen und Gefäße in radialer und tangentialer Richtung, desto geringer aber deren Länge. Diese Veränderung in den Dimensionen steigert sich in dem Maße, daß wir endlich an solchen Stellen, an denen der Rindendruck fast ganz aufgehoben ist, die dickwandigen, lang-

gestreckten Holzzellen in kurze, parenchymatische Zellen übergehen sehen. Dabei fällt die Differenzirung des Gewebes in Zellen und Gefäße fort; es bildet sich nur noch ein gleichmäßiges Holzparenchym.

Eine neue Arbeit von Gehmacher[1]) beschäftigt sich mit dem Einfluß des Rindendruckes auf den Bau der Rinde selbst. Seine Untersuchungen führen zu dem Schlusse, daß je größer der Druck, desto weniger Korkzellen werden gebildet und umgekehrt; ebenso wechselt der radiale Durchmesser der einzelnen Zellen. Die Zellen des primären Rindenparenchyms erscheinen nicht nur radial, sondern auch seitlich zusammengedrückt, also eckiger, während die unter geringem Druck entstandenen kugeliger sind und bedeutend größere Intercellularräume (die bei starkem Druck ganz verschwinden können) zwischen sich haben. Die Bastfasern sollen bei Druckverminderung an Zahl bedeutend zunehmen (was ich nicht beobachtet habe) und bei Erhöhung des Rindendruckes bis zum Verschwinden abnehmen.

Als eine Folge des Rindendruckes sieht Nördlinger[2]) auch die Entstehung der Wellenform des Holzkörpers und des geflammten Holzes an. Da, wo der Holzkörper eingebaucht ist, erscheint die Rinde häufig dicker. Vorzugsweise sollen es die stark entwickelten Steinzellgruppen sein, welche von der Rinde auf das Cambium gepreßt werden und die ihnen gegenüberliegende Stelle des Holzkörpers im Wachsthum hemmen. Ich bin der Meinung, daß das frühere Erlöschen des Markstrahlwachsthums zur Erklärung herangezogen werden muß. Die Markstrahlen beginnen als radial wirkendes, lüftendes Schwellgewebe früher ihr Wachsthum, reifen aber auch schon zu einer Zeit aus, in welcher der Holzkörper zwischen ihnen noch fortfährt, Elemente zu bilden.

Wenn wir jetzt dem Umstande, auf den Kraus[3]) aufmerksam macht, Rechnung tragen, daß in dem unter großen Rindendruck stehenden Zellengewebe ein Theil des Zellinhalts schneller hinausgepreßt werden dürfte nach jenen Regionen, in denen der Rindendruck geringer ist, dann darf es uns nicht Wunder nehmen, wenn in dem lockeren Holzparenchym, das in Folge des aufgehobenen Rindendruckes sich aus dem Cambium gebildet hat, eine große Menge Reservestoffe sich aufgespeichert findet. Da wo der Holzcylinder statt der prosenchymatischen Elemente parenchymatisches Gewebe bildet, sehen wir meist, mit Ausnahme der jungen Calluswülste, dasselbe eine große Zeit des Jahres hindurch reich mit Reservestoffen und zwar bei unsern Bäumen mit Stärke erfüllt.

Die sämmtlichen Wunden des Baumstammes schließen eine Rindenlockerung

---

[1]) Aus Sitzungsber. d. Wiener Akad. d. Wissensch., Bd. LXXXVIII, Abth. I, cit. in Botan. Centralbl. 1883, Nr. 47, S. 228.

[2]) Nördlinger: Wirkung des Rindendruckes. Centralbl. f. d. gesammte Forstwesen. Wien, Oktoberheft 1880, S. 407.

[3]) a. a. O., S. 138.

ein, mithin muß das Holz, das bei der Heilung der Wunde gebildet wird, in seinem Baue um so mehr von dem normalen Holze abweichen und um so mehr den Charakter des Holzparenchyms annehmen und behalten, je geringer bei der Verwundung der Druck des Rindengürtels auf das Cambium gemacht wird und je länger diese Lockerung erhalten bleibt.

Wir werden bei den Krebswunden sehen, wie dieser lockere Bau des Wundrandes immer wieder Ursache zu neuer Lockerung der Rinde, zu neuer, wuchernder Produktion lockeren Gewebes und zur endlichen Erschöpfung des Astes durch diese Produktion wird.

Jeglicher Ueberwallungsrand, der sich bei einer offnen Wunde des Stammes bildet, beginnt also mit der Bildung kurzzelliger, weitlumiger (mit weitem Innenraum versehener) Holzelemente, die sich, scharf abgegrenzt, auf das normale, bloßgelegte Holz lagern. In dem Maße, als die Ueberwallungsränder sich vergrößern, der Rindendruck somit stärker wird, gehen auch die Holzelemente allmählich in den normalen Bau über, und wenn endlich die Ueberwallungsränder mit einander verschmelzen und die Rinde wieder zu einem gleichmäßig zusammenhängenden Gürtel am Stamme oder Zweige wird, stellt sich auch die normale Richtung des Rindendruckes wieder ein und damit die normale Richtung der Holzzellen und Gefäße: Es lagert sich nun wieder alljährlich normales Holz über die geschlossene Wunde.

a) Die Schröpfwunde.

(Hierzu Taf. VII.)

Das nächstliegende Beispiel für die Gewebeänderungen bei dem Wundheilungsprozesse finden wir in der Vernarbung der Schröpfwunde. Man versteht unter „Schröpfen" bekanntlich das Einschneiden in die Rinde in der Längsrichtung des Stammes bis auf den Holzkörper, ohne daß Substanz entfernt wird. Wird ein Baum in dieser Weise geschlitzt, so weichen die Wundränder auseinander (Taf. VII, Fig. 1). Natürlich ist am Ende des Schnittes (Fig. 1 a) die Entfernung der beiden Wundränder am geringsten; der Heilungsprozeß vollzieht sich dort am schnellsten. Fig. 2 stellt den Querschnitt durch eine geheilte Schröpfstelle eines Süßkirschbaumes am Ende der Schlitzwunde, also aus der Gegend von 1 a dar. Wir sehen in h das alte Holz, das bei w von dem Messer getroffen worden und durch die Einwirkung der Luft einen Theil seiner Gefäße und Holzzellen abgestorben zeigt. Die Cambiumzone c, die zur Zeit der Ausführung des Schnittes auf h auflag, hat bei dem Heilungsprozeß neue Rinde nr und neues Holz nh gebildet. Die neu gebildete Holzzone ist aber weder in ihrer Lagerung noch in ihrem Bau dem normalen, unter der unverletzt gebliebenen Rinde entstandenen Holze gleich; sie bildet eine nach außen dreieckig vorspringende Parthie, deren höchster Punkt am meisten der durch den ebe-

maligen Schnitt gebildeten Rinne (s) genähert ist. Bedingt wird diese dreieckige Vorwölbung durch die dem weiter seitwärts gelegenen Gewebe voraneilende Entwicklung von Holzparenchym hp. Diese Holzproduktion war die erste Thätigkeit der beiden durch den Schnitt s getheilten Cambiumränder. Hier war der Rindendruck am schwächsten, die Zellvermehrung die reichste, die Zellenlängsstreckung die geringste. Erst nachdem die aus der jungen Innenrinde und der Cambiumzone hervorgegangene Neurinde in s eine größere Mächtigkeit und durch die neu entstandene Korkschicht derselben (k') größere Widerstandsfähigkeit erlangt hat, ist der Rindendruck allmählich mächtiger, sein Einfluß auf die Holz produzirende Cambiumzone energischer und die Gestalt der Holzelemente allmählich der normalen ähnlicher geworden. Die Parthie hp geht allmählich in das viel deutlicher durch Markstrahlen (m) gefächerte, regelmäßige Holz über. Ueber die der Aenderung der Holzelemente parallel gehende Umänderung der Rindenelemente wird bei dem Ringelwulst ausführlicher gesprochen werden.

Bei weiterem Wachsthum des Stammes lagert die Cambiumzone c immer neues, normales Holz und neue Rinde mit Hartbast hb über die Wundfläche, und wenn endlich die durch den ehemaligen Schnitt getrennten, alten Rindenparthien ar mit ihrer Korkzone k und ihren abgestorbenen und durch eine Korkzone vom lebenden Gewebe getrennten Wundrändern (t) der Borkenbildung verfallen und abblättern, ist äußerlich die Wundstelle ausgeglichen.

Wenn wir etwas ausführlicher auf die Anfänge des Vernarbungsprozesses eingehen wollen, haben wir Taf. VII, Fig. 3 zu betrachten. Dieselbe stellt den Querschnitt durch einen einzigen Wundrand einer Schröpfstelle (Fig. 1 b) bei einer Süßkirsche dar zu einer Zeit, in welcher dieser Rand sich mit dem gegenüberliegenden, von der andern Wundseite kommenden, noch nicht vereinigt hat, die Wundfläche selbst (Fig. 3 w) also noch nicht gedeckt ist. Es bedeutet h auch hier das alte Holz, daß bei w durch den Schröpfschnitt bloßgelegt worden ist. Der Zug des Messers zur Zeit der Ausführung des Schröpfens ging von s nach w. Von dieser Ebene des Schnittes hat sich die alte Rinde (ar) seitwärts zurückgezogen; es entspricht dieser Theil dem gleichbezeichneten in Fig. 2. Der obere Theil dieser alten Rindenparthie, sowie der in Folge des Schnittes abgetrocknete Rand (Fig. 2 t) sind hier durch die mit t bezeichneten Contouren nur angedeutet und ein Hartbastbündel hb ist in das Rindenparenchym ar eingezeichnet worden. Zur Zeit der Ausführung des Schnittes lagen die Cambiumzonen c und die junge Innenrinde ir dicht am alten Holze h; die Zellen, welche an die Schnittebene sw grenzten, reagirten nun verschieden auf den Wundreiz: das Parenchym der alten Rinde trocknete auf eine kurze Strecke rückwärts zusammen und bildete den braunen, trocknen Wundrand, der, dem bloßen Auge kenntlich, jede Schlitzwunde einsäumt (Fig. 1 c). Das noch vermehrungsfähige, in seinem Wachsthum noch nicht abgeschlossene Parenchym der inneren Rinde (Fig. 3 ir) folgte am Wundrande sofort der Gelegenheit, sich nach der-

jenigen Seite auszudehnen, an der der Druck weggefallen war, d. h. über die Ebene s bis w hinaus. Diese Zellen wölbten sich also vor; die aus der Cambiumzone folgenden schoben die ersten Rindenzellen weiter hinaus und bildeten sich in der später nachwachsenden Zone selbst zu Chlorophyll führenden Rindenzellen r' aus, und auf diese Weise entstand zuerst der weiche, parenchymatische Wundrand r' ir. Die Randzellen r des vorgewölbten Wundrandes bräunen sich später und trocknen zusammen; in den unmittelbar darunterliegenden Zellen entsteht Kork k und diese, den ganzen Wundwall einhüllende Korkzone k bis k legt sich an die äußere Korkbekleidung der alten Rinde an, so daß die ganze Neubildung von einem schwer dehnbaren und daher auf das darunterliegende, schwellende Gewebe drückenden Korkgürtel umgeben ist.

Dadurch ist auch der Rindendruck interimistisch hergestellt. Der Einfluß dieses Rindendruckes auf die nächsten Produkte der vorn schneckenförmig gekrümmten, aber nicht bis auf das alte Holz h reichenden Cambiumzone c macht sich durch die Bildung dickwandigerer Elemente geltend; es entsteht Neuholz nh, welches nach der Wundseite zu parenchymatisch kurz, weitlumig (x) und von vereinzelten, kurzen, weiten Gefäßen (g) durchsetzt ist. Je weiter das Neuholz vom Wundrande entfernt ist, desto regelmäßiger, eng- und langzelliger wird es, desto schärfer treten die Markstrahlen m und deren Fortsetzung m' in der Rinde hervor. Je mehr sich allmählich Neuholz bildet, desto straffer wird die äußere Korkzone k bis k des Ueberwallungsrandes gespannt. Häufig reißt sie stellenweis in Folge des Innendruckes, so daß das Rindenparenchym bloßliegt und sich in die Rißstelle hineinwölbt. In diesen sich vorwölbenden Zellen bilden sich aber in kürzester Zeit neue Korkzellen, die sich an die umgebenden anschließen und auf diese Weise den Korkgürtel wieder schließen.

b) Ueberwallung von Querwunden abgeschnittener Zweige.

(Hierzu Taf. VII.)

Wir haben an dem Beispiel einer Schröpfwunde bisher den Bau der Wundränder im Querschnitt kennen gelernt. Fig. 6 zeigt den Längsschnitt eines andern Ueberwallungsrandes. Die Art der Verwundung, deren Heilungsvorgang in Fig. 6 bei einem Kirschenzweige dargestellt, ist die am häufigsten vorkommende. Es ist der Schließungsprozeß, der sich einleitet, wenn ein einjähriger Zweig im ersten Frühjahr quer abgeschnitten wird, wie dies bei dem Beschneiden der Obstbäume im ausgedehntesten Maße stattfindet.

Wir haben zu betonen, daß der vorliegende Zweig, dessen äußere Ansicht in Taf. VII, Fig. 4, dessen Längsschnitt in Fig. 5 dargestellt, im ersten Frühjahr in der Ebene ss' abgeschnitten worden ist. In Folge des längeren Zeitraumes, der zwischen der frühzeitig im Jahre erfolgten Ausführung des Schnittes und der Einleitung einer kräftigen Zellvermehrung zwecks Bildung von Vernarbungs-

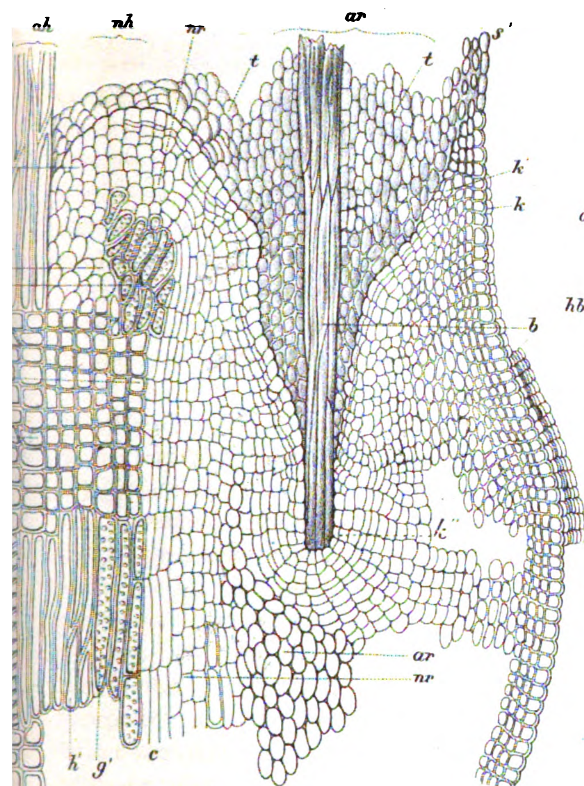


Fig. 6.



Fig. 3.

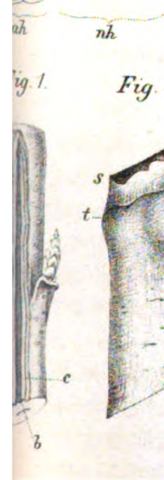
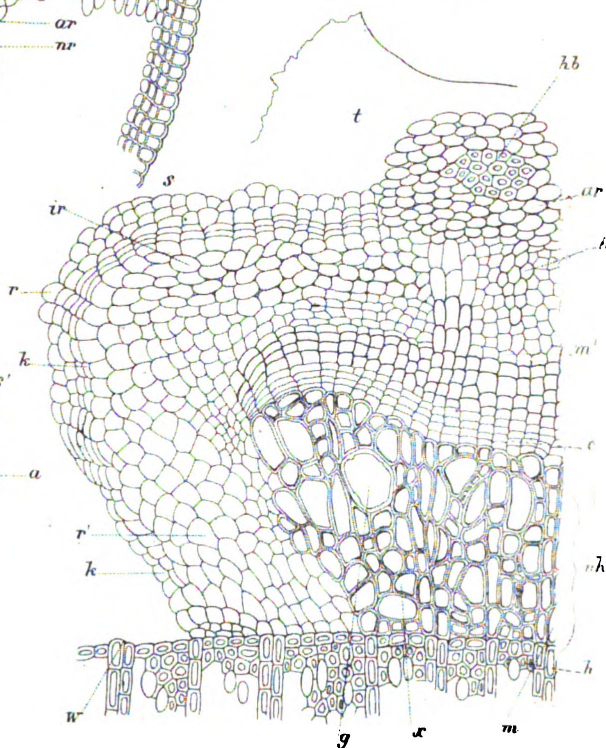


Fig. 1. Fig. 4. Fig. 5.



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



gewebe verstrichen, ist ein größerer Theil des Gewebes von der Schnittfläche aus (von s nach t) zurückgetrocknet. Die Neubildung des Ueberwallungsrandes findet also nicht, wie bei dem späteren Schnitt häufig zu beobachten ist, gleich an der Schnittfläche ss' und über dieselbe sich überlagernd statt, sondern unterhalb der vertrockneten Zone; in Folge dessen erleidet die an dieselbe stoßende Zweigparthie eine Anschwellung (Fig. 4, 5, 6 a).

In Fig. 6 ist ss' die Schnittebene, ah das letzte, peripherische Stückchen des vom Schnitt getroffenen, alten Holzes, a r die alte Rinde mit ihren äußeren, normalen Korkschichten k. Von dieser Rinde ist das mit t bezeichnete Gewebe zurückgetrocknet, und zwar ist das Absterben des Gewebes in der Umgebung der Hartbaststränge b am tiefsten nach abwärts gedrungen; der Baststrang selbst ist ebenfalls todt und ragt nebst den auch nur wenig zusammenschrumpfenden äußeren Korkschichten der Rinde aus dem verfärbten Parenchym hervor. Die Schnittfläche ist dadurch uneben und faserig.

Der nächste Vorgang, der sich nach der Verletzung und dem Absterben des oberen Rindengewebes einleitet, besteht in der Abgrenzung des abgestorbenen Gewebes von dem gesunden durch Bildung einer Korkzone (k'k''). Um die Basis des Bastbündels bildet sich die Korkzone stärker aus und stellt eine fächerförmige Umwallung (k'') dar. Darauf beginnt die Zellvermehrung in den der Schnittfläche zunächst liegenden Schichten der Cambiumzone c und der angrenzenden, inneren Rinde, welche zur Zeit der Ausführung des Schnittes dicht auf dem Holzkörper ah auflagen.

Genau wie die Vorwölbung des Längswulstes an der Schröpfwunde in Fig. 2 baut sich eine vorgewölbte Rindenzone nr aus den Produkten der Cambiumzone und der jungen Rinde auf und diese Vorwölbung umkleidet sich in derselben Weise mit einem Korkgürtel (k'''). Die durch den Druck der neu hergestellten Wundrinde in ihrer Ausbildung sich allmählich ändernden Holzproduktionen der Cambiumzone stellen sich zunächst wieder dar als Holzparenchym hp, in welchem strangweise kurze, poröse Gefäßzellen (g) auftreten. In dem Maße, als man von der Schnittfläche aus abwärts die Bildung des neuen, nach der Verwundung entstandenen Holzes verfolgt, findet man, daß die Elemente desselben immer mehr den normalen, gestreckten, derbwandigen ähnlich werden (g'h'). In der Zeichnung ist der Uebergang von den kurzen Gefäßelementen zu den langen unterbrochen durch die Fortsetzung eines alten Markstrahls (m) zu dem Markstrahl (m') des Neuholzes.

Außer dieser Neuholzbildung macht sich unabhängig von dieser noch eine andere Zellvermehrung in der Rinde in der Nähe des Hartbastbündels geltend. Die Parenchymzellen theilen sich und vermehren dadurch die Dicke der ursprünglichen Rinde, welche durch diese Neubildung aufgetrieben wird und den äußerlich sichtbaren Buckel (Fig. 4, 5, 6 a) darstellt. Unter Umständen ist die Neubildung in der Rinde derartig intensiv, daß daselbst eine lange Zeit in Thätig-

keit verbleibende Meristemzone entsteht, die Holz- und Gefäßelemente produzirt und Veranlassung zur Bildung von Holzsträngen in der Rinde giebt, wie bei der Entstehung der Knollenmaser gezeigt werden soll.

Die in Fig. 6 gegebene Darstellung eines abgeschnittenen Zweiges stimmt nicht ganz mit der Vorstellung, die wir von der zuwachsenden Querwunde eines Zweigstumpfes haben. Der Grund liegt darin, daß wir meist solche Schnitte im Auge haben, die spät im Frühjahr oder Sommer an älteren Zweigen ausgeführt worden sind. In diesen Fällen ist die Vertrocknung des Gewebes von der Wundfläche aus eine sehr geringe bis zur Zeit des Eintritts der Wund-

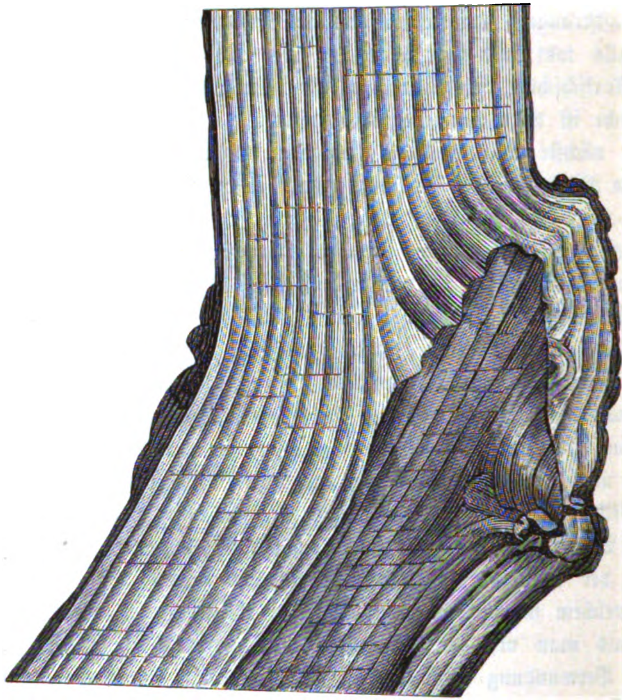


Fig. 24.

heilung, also bis zur Bildung des Ueberwallungsrandes (nr, nh). Dieser Ueberwallungsrand tritt darum bald über die Schnittfläche hervor und lagert sich im Bogen über das alte Holz, das zur Zeit des Schneidens schon gebildet war und das in ah angedeutet ist. Die Lagerung der Elemente entspricht dann der Bildung des Calluswulstes an Stecklingen, die auf einer spätern Tafel abgebildet sind; der Charakter der Zellelemente bleibt derselbe, wie ihn Taf. VII, Fig. 6 zeigt.

Wenn der Zweig älter wird und die aus der Cambiumzone hervorgehenden Holzlagen immer dicker werden, wird auch der über die Schnittfläche eines

Zweiges allseitig hervorquellende Ueberwallungsrand immer stärker, bis die gegenüberliegenden Seiten desselben einander berühren und mit einander zu einer Kappe verschmelzen, welche die Schnittfläche gänzlich einhüllt.

Jeder Ueberwallungsrand beginnt in der Weise, wie er in Fig. 3 im Querschnitt, in Fig. 6 im Längsschnitt dargestellt worden ist. Man kann daher mit Recht bildlich sagen, daß die neuen Holzlagen, die nach der Verwundung gebildet werden, sich über den durch den Schnitt bloßgelegten, alten Holzkörper ergießen und denselben kappenförmig endlich einschließen.

Das Produkt der mehrjährigen Ueberwallung eines alten Aststumpfes sehen wir im beistehenden Holzschnitt (Fig. 24). Die dunklere, centrale Parthie ist der Aststumpf, der durch den Einfluß der Witterung tief in den Stamm hinein abgestorben ist. Seit 5 Jahren haben sich die in jedem Jahre weiter greifenden Holzkappen der Ueberwallungsränder über die Wundfläche gelegt und dieselbe endlich geschlossen. Hier hat die Ueberwallung vorzugsweise von obenher stattgefunden, da von hier aus das meiste plastische Material hergekommen ist. Bei einer schmalen Längswunde findet die Ueberwallung vorzugsweise von den Seiten aus statt.

c) Stocküberwallung.

Derselbe Ueberwallungsprozeß, der an den Aesten der Bäume sich einleitet, verursacht auch den Wundschluß der Schnitt- oder Hiebfläche an den zurückgebliebenen Baumstumpfen nach dem Fällen der Bäume. Der Vorgang vollzieht sich nur verhältnißmäßig langsam, da der den Ueberwallungsrand erzeugende Cambiumring eine sehr große Wundfläche zu decken hat. Die Folge davon ist, daß lange, bevor der Ueberwallungsrand nach den centralen Parthien der Schnittfläche vorrückt, diese durch Fäulniß zerstört, der Stammstumpf daher in der Mitte hohl geworden ist. Nun senken sich die Ueberwallungsmassen in den verschiedensten Formen und bisweilen in zopfförmigen Strängen in die Höhlung hinein, wobei sie hervorstehende Splitter oder Steine umhüllen und dabei zu großer Massenausdehnung gelangen können.[1])

Es liegt nun die Frage nahe, woher das Material zu derartig massenhafter Neubildung kommen mag. Meist wird die Ansicht ausgesprochen, daß die in dem Baumstumpf vorhandenen, vor dem Fällen des Stammes gebildeten Reservestoffe die einzige Quelle für alle die Neubildungen abgeben müßten; in andern Fällen zieht man die nicht selten vorkommenden Wurzelverwachsungen zu Hülfe, indem man annimmt, daß durch ein Verwachsen der Wurzeläste des Baumstumpfes mit stärkeren Wurzeln benachbarter Bäume, welche ihren Stamm mit Krone noch besitzen, eine Ernährung des Baumstumpfes stattfindet.

Sicherlich werden derartige Fälle in größeren Baumbeständen nicht selten

[1]) Schöne Abbildungen derartiger Fälle bei Göppert: Nachträge zu der Schrift über Inschriften und Zeichen in lebenden Bäumen. Breslau, Morgenstern 1870.

ein, mithin muß das Holz, das bei der Heilung der Wunde gebildet wird, in seinem Baue um so mehr von dem normalen Holze abweichen und um so mehr den Charakter des Holzparenchyms annehmen und behalten, je geringer bei der Verwundung der Druck des Rindengürtels auf das Cambium gemacht wird und je länger diese Lockerung erhalten bleibt.

Wir werden bei den Krebswunden sehen, wie dieser lockere Bau des Wundrandes immer wieder Ursache zu neuer Lockerung der Rinde, zu neuer, wuchernder Produktion lockeren Gewebes und zur endlichen Erschöpfung des Astes durch diese Produktion wird.

Jeglicher Ueberwallungsrand, der sich bei einer offnen Wunde des Stammes bildet, beginnt also mit der Bildung kurzzelliger, weitlumiger (mit weitem Innenraum versehener) Holzelemente, die sich, scharf abgegrenzt, auf das normale, bloßgelegte Holz lagern. In dem Maße, als die Ueberwallungsränder sich vergrößern, der Rindendruck somit stärker wird, gehen auch die Holzelemente allmählich in den normalen Bau über, und wenn endlich die Ueberwallungsränder mit einander verschmelzen und die Rinde wieder zu einem gleichmäßig zusammenhängenden Gürtel am Stamme oder Zweige wird, stellt sich auch die normale Richtung des Rindendruckes wieder ein und damit die normale Richtung der Holzzellen nnd Gefäße: Es lagert sich nun wieder alljährlich normales Holz über die geschlossene Wunde.

a) Die Schröpfwunde.

(Hierzu Taf. VII.)

Das nächstliegende Beispiel für die Gewebeänderungen bei dem Wundheilungsprozesse finden wir in der Vernarbung der Schröpfwunde. Man versteht unter „Schröpfen" bekanntlich das Einschneiden in die Rinde in der Längsrichtung des Stammes bis auf den Holzkörper, ohne daß Substanz entfernt wird. Wird ein Baum in dieser Weise geschlitzt, so weichen die Wundränder auseinander (Taf. VII, Fig. 1). Natürlich ist am Ende des Schnittes (Fig. 1 a) die Entfernung der beiden Wundränder am geringsten; der Heilungsprozeß vollzieht sich dort am schnellsten. Fig. 2 stellt den Querschnitt durch eine geheilte Schröpfstelle eines Süßkirschbaumes am Ende der Schlitzwunde, also aus der Gegend von 1 a dar. Wir sehen in h das alte Holz, das bei w von dem Messer getroffen worden und durch die Einwirkung der Luft einen Theil seiner Gefäße und Holzzellen abgestorben zeigt. Die Cambiumzone c, die zur Zeit der Ausführung des Schnittes auf h auflag, hat bei dem Heilungsprozeß neue Rinde nr und neues Holz nh gebildet. Die neu gebildete Holzzone ist aber weder in ihrer Lagerung noch in ihrem Bau dem normalen, unter der unverletzt gebliebenen Rinde entstandenen Holze gleich; sie bildet eine nach außen dreieckig vorspringende Parthie, deren höchster Punkt am meisten der durch den ebe-

maligen Schnitt gebildeten Rinne (s) genähert ist. Bedingt wird diese dreieckige Vorwölbung durch die dem weiter seitwärts gelegenen Gewebe voraneilende Entwicklung von Holzparenchym hp. Diese Holzproduktion war die erste Thätigkeit der beiden durch den Schnitt s getheilten Cambiumränder. Hier war der Rindendruck am schwächsten, die Zellvermehrung die reichste, die Zellenlängsstreckung die geringste. Erst nachdem die aus der jungen Innenrinde und der Cambiumzone hervorgegangene Neurinde in s eine größere Mächtigkeit und durch die neu entstandene Korkschicht derselben (k') größere Widerstandsfähigkeit erlangt hat, ist der Rindendruck allmählich mächtiger, sein Einfluß auf die Holz produzirende Cambiumzone energischer und die Gestalt der Holzelemente allmählich der normalen ähnlicher geworden. Die Parthie hp geht allmählich in das viel deutlicher durch Markstrahlen (m) gefächerte, regelmäßige Holz über. Ueber die der Aenderung der Holzelemente parallel gehende Umänderung der Rindenelemente wird bei dem Ringelwulst ausführlicher gesprochen werden.

Bei weiterem Wachsthum des Stammes lagert die Cambiumzone c immer neues, normales Holz und neue Rinde mit Hartbast hb über die Wundfläche, und wenn endlich die durch den ehemaligen Schnitt getrennten, alten Rindenparthien ar mit ihrer Korkzone k und ihren abgestorbenen und durch eine Korkzone vom lebenden Gewebe getrennten Wundrändern (t) der Borkenbildung verfallen und abblättern, ist äußerlich die Wundstelle ausgeglichen.

Wenn wir etwas ausführlicher auf die Anfänge des Vernarbungsprozesses eingehen wollen, haben wir Taf. VII, Fig. 3 zu betrachten. Dieselbe stellt den Querschnitt durch einen einzigen Wundrand einer Schröpfstelle (Fig. 1 b) bei einer Süßkirsche dar zu einer Zeit, in welcher dieser Rand sich mit dem gegenüberliegenden, von der andern Wundseite kommenden, noch nicht vereinigt hat, die Wundfläche selbst (Fig. 3 w) also noch nicht gedeckt ist. Es bedeutet h auch hier das alte Holz, daß bei w durch den Schröpfschnitt bloßgelegt worden ist. Der Zug des Messers zur Zeit der Ausführung des Schröpfens ging von s nach w. Von dieser Ebene des Schnittes hat sich die alte Rinde (ar) seitwärts zurückgezogen; es entspricht dieser Theil dem gleichbezeichneten in Fig. 2. Der obere Theil dieser alten Rindenparthie, sowie der in Folge des Schnittes abgetrocknete Rand (Fig. 2 t) sind hier durch die mit t bezeichneten Contouren nur angedeutet und ein Hartbastbündel hb ist in das Rindenparenchym ar eingezeichnet worden. Zur Zeit der Ausführung des Schnittes lagen die Cambiumzonen c und die junge Innenrinde ir dicht am alten Holze h; die Zellen, welche an die Schnittebene sw grenzten, reagirten nun verschieden auf den Wundreiz: das Parenchym der alten Rinde trocknete auf eine kurze Strecke rückwärts zusammen und bildete den braunen, trocknen Wundrand, der, dem bloßen Auge kenntlich, jede Schlitzwunde einsäumt (Fig. 1 c). Das noch vermehrungsfähige, in seinem Wachsthum noch nicht abgeschlossene Parenchym der inneren Rinde (Fig. 3 ir) folgte am Wundrande sofort der Gelegenheit, sich nach der-

jenigen Seite auszudehnen, an der der Druck weggefallen war, d. h. über die Ebene s bis w hinaus. Diese Zellen wölbten sich also vor; die aus der Cambiumzone folgenden schoben die ersten Rindenzellen weiter hinaus und bildeten sich in der später nachwachsenden Zone selbst zu Chlorophyll führenden Rindenzellen r' aus, und auf diese Weise entstand zuerst der weiche, parenchymatische Wundrand r' ir. Die Randzellen r des vorgewölbten Wundrandes bräunen sich später und trocknen zusammen; in den unmittelbar darunterliegenden Zellen entsteht Kork k und diese, den ganzen Wundwall einhüllende Korkzone k bis k legt sich an die äußere Korkbekleidung der alten Rinde an, so daß die ganze Neubildung von einem schwer dehnbaren und daher auf das darunterliegende, schwellende Gewebe drückenden Korkgürtel umgeben ist.

Dadurch ist auch der Rindendruck interimistisch hergestellt. Der Einfluß dieses Rindendruckes auf die nächsten Produkte der vorn schneckenförmig gekrümmten, aber nicht bis auf das alte Holz h reichenden Cambiumzone c macht sich durch die Bildung dickwandigerer Elemente geltend; es entsteht Neuholz nh, welches nach der Wundseite zu parenchymatisch kurz, weitlumig (x) und von vereinzelten, kurzen, weiten Gefäßen (g) durchsetzt ist. Je weiter das Neuholz vom Wundrande entfernt ist, desto regelmäßiger, eng- und langzelliger wird es, desto schärfer treten die Markstrahlen m und deren Fortsetzung m' in der Rinde hervor. Je mehr sich allmählich Neuholz bildet, desto straffer wird die äußere Korkzone k bis k des Ueberwallungsrandes gespannt. Häufig reißt sie stellenweis in Folge des Innendruckes, so daß das Rindenparenchym bloßliegt und sich in die Rißstelle hineinwölbt. In diesen sich vorwölbenden Zellen bilden sich aber in kürzester Zeit neue Korkzellen, die sich an die umgebenden anschließen und auf diese Weise den Korkgürtel wieder schließen.

b) Ueberwallung von Querwunden abgeschnittener Zweige.

(Hierzu Taf. VII.)

Wir haben an dem Beispiel einer Schröpfwunde bisher den Bau der Wundränder im Querschnitt kennen gelernt. Fig. 6 zeigt den Längsschnitt eines andern Ueberwallungsrandes. Die Art der Verwundung, deren Heilungsvorgang in Fig. 6 bei einem Kirschenzweige dargestellt, ist die am häufigsten vorkommende. Es ist der Schließungsprozeß, der sich einleitet, wenn ein einjähriger Zweig im ersten Frühjahr quer abgeschnitten wird, wie dies bei dem Beschneiden der Obstbäume im ausgedehntesten Maße stattfindet.

Wir haben zu betonen, daß der vorliegende Zweig, dessen äußere Ansicht in Taf. VII, Fig. 4, dessen Längsschnitt in Fig. 5 dargestellt, im ersten Frühjahr in der Ebene ss' abgeschnitten worden ist. In Folge des längeren Zeitraumes, der zwischen der frühzeitig im Jahre erfolgten Ausführung des Schnittes und der Einleitung einer kräftigen Zellvermehrung zwecks Bildung von Vernarbungs-

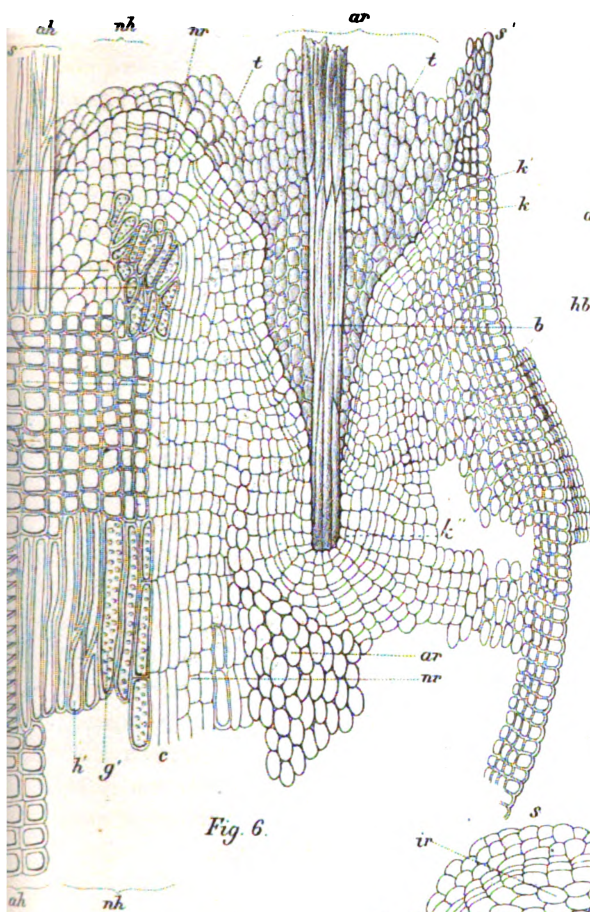


Fig. 6.

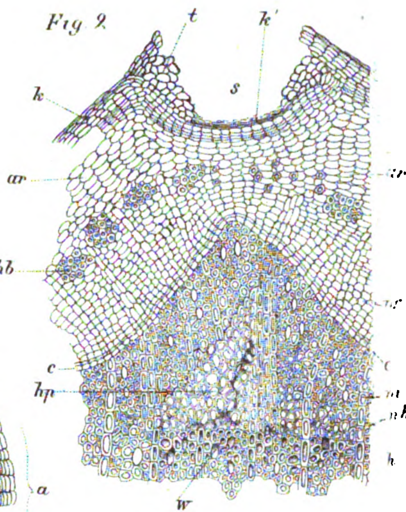


Fig. 2.

Fig. 3.

Fig. 1.

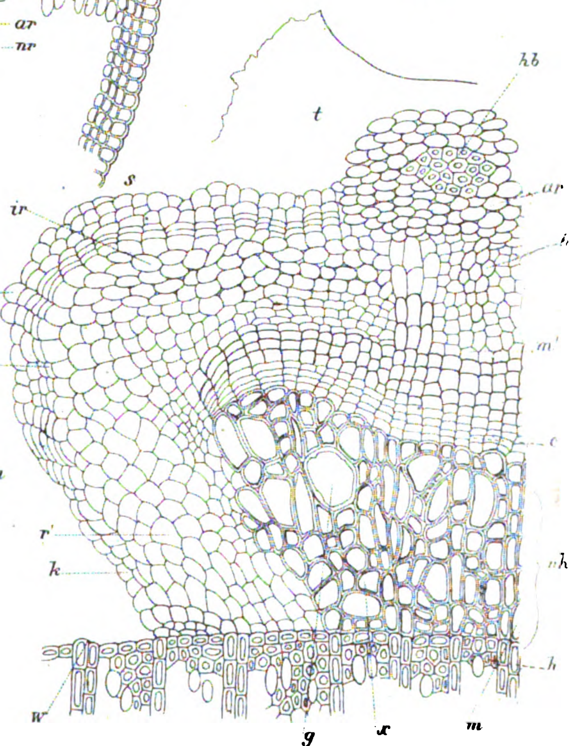


Fig. 4.



Fig. 5.





Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



gewebe verstrichen, ist ein größerer Theil des Gewebes von der Schnittfläche aus (von s nach t) zurückgetrocknet. Die Neubildung des Ueberwallungsrandes findet also nicht, wie bei dem späteren Schnitt häufig zu beobachten ist, gleich an der Schnittfläche ss' und über dieselbe sich überlagernd statt, sondern unterhalb der vertrockneten Zone; in Folge dessen erleidet die an dieselbe stoßende Zweigpartie eine Anschwellung (Fig. 4, 5, 6 a).

In Fig. 6 ist ss' die Schnittebene, ah das letzte, peripherische Stückchen des vom Schnitt getroffenen, alten Holzes, a r die alte Rinde mit ihren äußeren, normalen Korkschichten k. Von dieser Rinde ist das mit t bezeichnete Gewebe zurückgetrocknet, und zwar ist das Absterben des Gewebes in der Umgebung der Hartbaststränge b am tiefsten nach abwärts gedrungen; der Baststrang selbst ist ebenfalls todt und ragt nebst den auch nur wenig zusammenschrumpfenden äußeren Korkschichten der Rinde aus dem verfärbten Parenchym hervor. Die Schnittfläche ist dadurch uneben und faserig.

Der nächste Vorgang, der sich nach der Verletzung und dem Absterben des oberen Rindengewebes einleitet, besteht in der Abgrenzung des abgestorbenen Gewebes von dem gesunden durch Bildung einer Korkzone (k'k''). Um die Basis des Bastbündels bildet sich die Korkzone stärker aus und stellt eine fächerförmige Umwallung (k'') dar. Darauf beginnt die Zellvermehrung in den der Schnittfläche zunächst liegenden Schichten der Cambiumzone c und der angrenzenden, inneren Rinde, welche zur Zeit der Ausführung des Schnittes dicht auf dem Holzkörper ah auflagen.

Genau wie die Vorwölbung des Längswulstes an der Schröpfwunde in Fig. 2 baut sich eine vorgewölbte Rindenzone nr aus den Produkten der Cambiumzone und der jungen Rinde auf und diese Vorwölbung umkleidet sich in derselben Weise mit einem Korkgürtel (k'''). Die durch den Druck der neu hergestellten Wundrinde in ihrer Ausbildung sich allmählich ändernden Holzproduktionen der Cambiumzone stellen sich zunächst wieder dar als Holzparenchym hp, in welchem strangweise kurze, poröse Gefäßzellen (g) auftreten. In dem Maße, als man von der Schnittfläche aus abwärts die Bildung des neuen, nach der Verwundung entstandenen Holzes verfolgt, findet man, daß die Elemente desselben immer mehr den normalen, gestreckten, derbwandigen ähnlich werden (g'h'). In der Zeichnung ist der Uebergang von den kurzen Gefäßelementen zu den langen unterbrochen durch die Fortsetzung eines alten Markstrahls (m) zu dem Markstrahl (m') des Neuholzes.

Außer dieser Neuholzbildung macht sich unabhängig von dieser noch eine andere Zellvermehrung in der Rinde in der Nähe des Hartbastbündels geltend. Die Parenchymzellen theilen sich und vermehren dadurch die Dicke der ursprünglichen Rinde, welche durch diese Neubildung aufgetrieben wird und den äußerlich sichtbaren Buckel (Fig. 4, 5, 6 a) darstellt. Unter Umständen ist die Neubildung in der Rinde derartig intensiv, daß daselbst eine lange Zeit in Thätig-

keit verbleibende Meristemzone entsteht, die Holz= und Gefäßelemente produzirt und Veranlassung zur Bildung von Holzsträngen in der Rinde giebt, wie bei der Entstehung der Knollenmaser gezeigt werden soll.

Die in Fig. 6 gegebene Darstellung eines abgeschnittenen Zweiges stimmt nicht ganz mit der Vorstellung, die wir von der zuwachsenden Querwunde eines Zweigstumpfes haben. Der Grund liegt darin, daß wir meist solche Schnitte im Auge haben, die spät im Frühjahr oder Sommer an älteren Zweigen ausgeführt worden sind. In diesen Fällen ist die Vertrocknung des Gewebes von der Wundfläche aus eine sehr geringe bis zur Zeit des Eintritts der Wund-

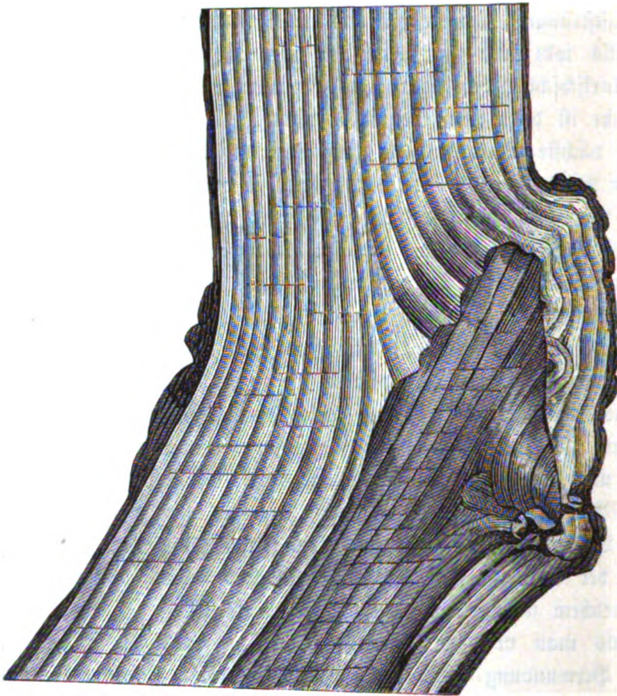


Fig. 24.

heilung, also bis zur Bildung des Ueberwallungsrandes (nr, nh). Dieser Ueberwallungsrand tritt darum bald über die Schnittfläche hervor und lagert sich im Bogen über das alte Holz, das zur Zeit des Schneidens schon gebildet war und das in ah angedeutet ist. Die Lagerung der Elemente entspricht dann der Bildung des Calluswulstes an Stecklingen, die auf einer spätern Tafel abgebildet sind; der Charakter der Zellelemente bleibt derselbe, wie ihn Taf. VII, Fig. 6 zeigt.

Wenn der Zweig älter wird und die aus der Cambiumzone hervorgehenden Holzlagen immer dicker werden, wird auch der über die Schnittfläche eines

Zweiges allseitig hervorquellende Ueberwallungsrand immer stärker, bis die gegenüberliegenden Seiten desselben einander berühren und mit einander zu einer Kappe verschmelzen, welche die Schnittfläche gänzlich einhüllt.

Jeder Ueberwallungsrand beginnt in der Weise, wie er in Fig. 3 im Querschnitt, in Fig. 6 im Längsschnitt dargestellt worden ist. Man kann daher mit Recht bildlich sagen, daß die neuen Holzlagen, die nach der Verwundung gebildet werden, sich über den durch den Schnitt bloßgelegten, alten Holzkörper ergießen und denselben kappenförmig endlich einschließen.

Das Produkt der mehrjährigen Ueberwallung eines alten Aststumpfes sehen wir im beistehenden Holzschnitt (Fig. 24). Die dunklere, centrale Parthie ist der Aststumpf, der durch den Einfluß der Witterung tief in den Stamm hinein abgestorben ist. Seit 5 Jahren haben sich die in jedem Jahre weiter greifenden Holzkappen der Ueberwallungsränder über die Wundfläche gelegt und dieselbe endlich geschlossen. Hier hat die Ueberwallung vorzugsweise von obenher stattgefunden, da von hier aus das meiste plastische Material hergekommen ist. Bei einer schmalen Längswunde findet die Ueberwallung vorzugsweise von den Seiten aus statt.

c) Stocküberwallung.

Derselbe Ueberwallungsprozeß, der an den Aesten der Bäume sich einleitet, verursacht auch den Wundschluß der Schnitt- oder Hiebfläche an den zurückgebliebenen Baumstumpfen nach dem Fällen der Bäume. Der Vorgang vollzieht sich nur verhältnißmäßig langsam, da der den Ueberwallungsrand erzeugende Cambiumring eine sehr große Wundfläche zu decken hat. Die Folge davon ist, daß lange, bevor der Ueberwallungsrand nach den centralen Parthien der Schnittfläche vorrückt, diese durch Fäulniß zerstört, der Stammstumpf daher in der Mitte hohl geworden ist. Nun senken sich die Ueberwallungsmassen in den verschiedensten Formen und bisweilen in zopfförmigen Strängen in die Höhlung hinein, wobei sie hervorstehende Splitter oder Steine umhüllen und dabei zu großer Massenausdehnung gelangen können.[1])

Es liegt nun die Frage nahe, woher das Material zu derartig massenhafter Neubildung kommen mag. Meist wird die Ansicht ausgesprochen, daß die in dem Baumstumpf vorhandenen, vor dem Fällen des Stammes gebildeten Reservestoffe die einzige Quelle für alle die Neubildungen abgeben müßten; in andern Fällen zieht man die nicht selten vorkommenden Wurzelverwachsungen zu Hülfe, indem man annimmt, daß durch ein Verwachsen der Wurzeläste des Baumstumpfes mit stärkeren Wurzeln benachbarter Bäume, welche ihren Stamm mit Krone noch besitzen, eine Ernährung des Baumstumpfes stattfindet.

Sicherlich werden derartige Fälle in größeren Baumbeständen nicht selten

[1]) Schöne Abbildungen derartiger Fälle bei Göppert: Nachträge zu der Schrift über Inschriften und Zeichen in lebenden Bäumen. Breslau, Morgenstern 1870.

sein[1]) und solch ein Nährstamm thatsächlich eine wesentliche Unterstützung für den Zehrstamm darstellen. Allein es liegen auch Beispiele vor, bei denen vollständig isolirt stehende Bäume nach dem Fällen so große Ueberwallungsmassen an den Stümpfen gebildet haben, daß die Annahme der Entstehung so massiger Neubildungen lediglich aus den Reservestoffen des Baumstumpfes zur Erklärung nicht ausreichend erscheint.

Es existirt aber meiner Meinung nach überall in solchen Fällen ein Hülfsapparat, welcher neu assimilirtes Material herbeizubringen im Stande ist. Wenn man die jungen Ueberwallungsränder untersucht, wird man in der Rinde derselben mehr oder weniger Chlorophyll finden, je nach dem mehr oder minder belichteten Standort der Bäume, und es ist gar nicht einzusehen, weßwegen dieser Chlorophyllapparat nicht ebensogut assimiliren sollte, wie die grüne Rinde des Stammes. Welch reiches Leben in der Ueberwallungsrinde herrscht, geht daraus hervor, daß man Zweige aus älteren Ueberwallungsrändern hervorbrechen sieht.[2])

Die Bildung von Zweigen aus dem Cambiumringe von Baumstumpfen ist eine ganz gewöhnliche Erscheinung, die bei gefällten Pappeln allenthalben vor die Augen tritt und auf die Entstehung von Adventivknospen in dem parenchymatischen Ueberwallungsgewebe beruht. Grade bei den Pappeln erhebt sich ein ganzer Kranz grüner, kräftiger Zweige an der Peripherie des Holzkörpers. Derartiger „Stockausschlag“ geht nach einigen Jahren in der Regel zu Grunde, weil er nicht im Stande ist, an seinem Entstehungsheerde zwischen Rinde und Holz neue Wurzeln, welche die Erde erreichen können, zu bilden. Wenn durch Ueberschüttung oder vorzeitige Zerstörung von Rindenparthien Erde an die Basis des Stockausschlages gelangt, kann sich der Stockausschlag durch Wurzelbildung von dem Nährstamm befreien und langlebige, selbstständige Individuen bilden.

Die Fähigkeit zur Produktion neuer Triebe aus dem Baumstumpf, die bei den verschiedenen Baumgattungen außerordentlich verschieden ausgebildet, bei den Nadelhölzern gradezu selten ist, beruht nicht immer auf der Bildung von Adventivknospen, sondern auch auf der Weckung von schlafenden Augen (Proventivknospen), wie bei den Coniferen. Hierbei ist aber oftmals die harte Borke des Stammstumpfes ein Hinderniß für die Weiterentwicklung.

Wenn man überhaupt auf eine Weiterentwicklung des Stockausschlages rechnet, wie im Waldbetriebe oder in Parkanlagen, muß man die Bäume möglichst tief abhauen, um den neuen Trieben recht schnell die Gelegenheit zu eigner Bewurzelung zu bieten.

---

[1]) Göppert: Beobachtungen über das sog. Ueberwallen der Tannenstöcke. Bonn, Henry & Cohen, 1842.

[2]) v. Thielau in Lampersdorf bei Frankenstein in seiner Anzeige der Göppert'schen Schrift (Ueber die Folgen äußerer Verletzungen der Bäume 2c.) vom Mai 1874.

Die nicht selten anzutreffende Manier, Baumpflanzungen dadurch zu verjüngen, daß man Stammstumpfe bis 1 m Höhe stehen läßt, ist durchaus zu verlassen. Die an solchen Resten von Stämmen sich entwickelnden, neuen Triebe sind durchschnittlich viel schwächlicher und werden von den Ausschlägen an der Bodenoberfläche vielfach überholt.

d) Der Ringelwulst.

Anatomischer Befund. (Hierzu Taf. VIII und IX).

Noch eingehender lernen wir den Bau eines Ueberwallungsrandes an dem Ringelwulst kennen. Der Wulst, welcher sich an den stehenbleibenden Rindenrändern hervorwölbt, wenn man einen Rindenstreifen rings am ganzen Zweigumfang abhebt, heißt Ringelwulst und ist nichts anderes, als ein Ueberwallungsrand, der eine Längsholzfläche zu überdecken hat. Die Abbildung (Taf. VIII, Fig. 1 u) stellt den unteren Rand einer ringförmigen Schälstelle an einer jungen Weinrebe dar. Das Beispiel empfiehlt sich dadurch, daß es der in der Praxis geläufigen Ansicht, am unteren Rande einer Ringel- oder ringförmig den Stamm umfassenden Schälwunde bilde sich kein Ueberwallungsrand, entgegentritt. Es bildet sich sowohl am unteren, wie am oberen Rande (Taf. VIII, Fig. 1 u') der Ringelblöße (Fig. 1 bl) ein Ueberwallungswulst; nur ist der untere Wulst wegen geringerer Nährstoffzufuhr viel kleiner. Der anatomische Bau beider Ränder ist derselbe. Es kommt auch, namentlich bei schlechtwüchsigen, mageren Exemplaren und bei bestimmten Pflanzen vor, daß sich oberhalb der ringförmigen Schälstelle der Wundrand sehr wenig verdickt und die Bildung eines Ueberwallungswulstes unterbleibt. Dieser Fall tritt dann ein, wenn die Wunde, anstatt zunächst Callus[1]) zu bilden, durch Korkbildung und Vertrocknung des Wundrandes sich schließt. Bei Steinobstgehölzen ist dies übrigens kein gutes Zeichen; solche Stellen zeigen weit häufiger Anfänge von Gummifluß, wie die mit reicher Callusbildung heilenden Wunden.

Wenn wir nach dem früher vom Einfluß des Rindendruckes Angeführten uns nun fragen, welche Folgen wird ein querer Einschnitt oder die Entnahme eines horizontalen Rindenstreifens auf die Umgebung der Wunde haben, so müssen wir uns zunächst sagen, daß die Zellvermehrung im Cambium eine um so größere, die Zellstreckung dagegen eine um so geringere sein wird, je mehr der Rindendruck aufgehoben, je mehr also das Gewebe der Wundfläche nahe liegt.

---

[1]) Alles jugendliche Vernarbungsgewebe mit Spitzenwachsthum seiner Zellreihen, gleichviel ob es an einer Schnittfläche über oder in der Erde entsteht, ist als „Callus" zu bezeichnen. Der berindete, verholzende, durch eine innere Meristemzone fortwachsende Callus wird Ueberwallungsrand.

Bei einem Längseinschnitt in einen Stamm sehen wir den in radialer, longitudinaler und tangentialer Richtung sich geltend machenden Rindendruck nur in einer Richtung völlig aufgehoben: in der tangentialen. Das Gewebe, welches den von der Schnittspalte einer Schröpfwunde eingenommenen, freien Raum schließen soll, liegt als vollkommen berindeter Wundrand unter der oben und unten fest verbunden gebliebenen und daher straff von oben nach unten gespannten Epidermis oder den korkbedeckten Rindenschichten. Diese Längsspannung äußert sich als radialer Druck auf das die Epidermis auszudehnen bestrebte, aus dem Cambium hervorgehende, jüngste Holzgewebe. Der Radial- und der Longitudinaldruck bleiben also vorhanden; aber der horizontal wirkende Tangentialdruck ist auf der Seite der Schnittwunde aufgehoben. Die aus dem Cambium hervorgehenden Holzzellen sowie die jüngern Rindenzellen dehnen sich daher nach der Seite des geringsten Druckes, also nach der Schnittfläche hin aus. In ihnen entsteht aber alsbald durch Korkzellenbildung eine Schutzschicht, die schneckenförmig gekrümmt das durch den Schnitt frei gelegte Gewebe nicht nur abschließt, sondern bei demselben auch durch den festen Zusammenhang ihrer Zellen den Tangentialdruck alsbald wieder herstellt. Daher sind die Druckverhältnisse der Rinde alsbald wieder normal und somit sind es auch die aus dem Cambium hervorgehenden Holzelemente.

Als eine viel energischere Störung wirkt die Querwunde. Hier ist, soweit die Rinde querdurchschnitten ist, der longitudinale Druck nach einer Richtung ganz aufgehoben und der aus dem straffen Zusammenhange der Rinde in der Längsrichtung des Sprosses resultirende Theil des Radialdruckes sowie des aus derselben Ursache entspringenden Tangentialdruckes bedeutend vermindert. Es bleibt nur ein Theil des aus dem Zusammenhange der Rinde in der Richtung der Horizontalebene hervorgehenden Radial- und Tangentialdruckes übrig. Die absolute Lockerung der Rinde an der Querwunde ist also viel größer, die Gelegenheit für die Vermehrung der Zellen des Cambiums und für die Veränderung ihrer Streckung eine viel günstigere. Daher sehen wir aus dem Cambium durch drei bis vierfache Theilung in der unmittelbaren Nähe der Wunde reichlich parenchymatisches Gewebe entstehen (Taf. VIII, Fig. 2 S, S′ C′), welches am Wundrande in fächerartiger Anordnung sich hervorstreckt und in Vereinigung mit den Theilungsprodukten der jüngsten Rindenzellen das dem bloßen Auge als brauner, hervorquellender Wulst erscheinende Wundgewebe bildet. Letzteres erhält seine größere Festigkeit durch eine parallel der äußeren Callusgrenze verlaufende Korkschicht (Taf. VIII, Fig. 2 kk′).

Wenn wir das am Wundrande aus dem Callus hervorgehende, parenchymatische Gewebe an einem Längsschnitte rückwärts nach dem normalen Holzkörper hin verfolgen, so sehen wir, daß es einige Millimeter, unter Umständen selbst einige Centimeter lang in das gesunde Gewebe hinein reicht. So tief also hat sich von der Querwunde aus der Einfluß der Rindenlockerung geltend gemacht.

Fig. 2

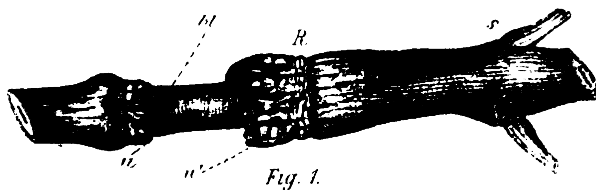


Fig. 1.

Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



Betrachten wir den Längsschnitt durch den unteren Ueberwallungsrand einer geringelten Weinrebe, der in Fig. 2 dargestellt ist, näher. Zur Zeit der Ringelung (im Juli) war der alte Holzkörper (H) der Rebe schon stark entwickelt. Wir erkennen langgestreckte, dickwandige, in der unmittelbaren Nähe der Gefäße (g) vorzugsweise mit horizontalen Querwänden versehene (h), sonst meist keilförmig zugespitzte Holzzellen mit feinen Porenkanälen (h'). Die engeren Gefäße sind Spiral- oder auch Ringgefäße (g), die weiteren zeigen kreisrunde bis spaltenförmige, gehöfte Tüpfel (g'); die weitesten haben eine leiterförmig- oder netzartig-poröse Wandung. Die leiterförmige Anordnung der Tüpfel entspricht den reihenweis gelagerten Poren der die Gefäße umgebenden Zellen, deren Wandung auf der Gefäßwandung abgedrückt ist (g'').

Der untere Ringelschnitt, durch den die Ringelblöße (Fig. 1 bl) hergestellt wurde, ist in Fig. 2 durch die Ebene SS' dargestellt. In diesem Längsschnitt erstreckt sich also die Ringelblöße von S aufwärts, an den bloßgelegten Holzzellen entlang. Bei S' sehen wir, wie das Messer senkrecht zur Längsrichtung der Rebe den Rindenkörper (R) glatt abgeschnitten hat. Zur Zeit der Ausführung des Schnittes lag die Rinde R dicht an dem Holzkörper H; das dazwischen liegende, weit hervorgewölbte Gewebe (rCC') ist nach der Ringelung entstanden. Und zwar tritt durch die mit der Entfernung der Rinde verbundene, ungemeine Verminderung des Rindendruckes in der Schnittebene SS' und den darangrenzenden Theilen in den Zellen des Cambiums sowohl, als auch in denen des jüngsten Holzes sowie der jüngeren und jüngsten Rinde durch überraschend starke Zellvermehrung eine Callusbildung ein, indem die Endzellen der genannten Gewebe und die unmittelbar daranstoßenden sich nach außen wölben, sich theilen, sich strecken und ihr hinteres Ende durch eine Querwand von dem vorderen Ende abgrenzen. In diesen vorderen Enden wiederholt sich das Strecken und Abschnüren mehrere Male. Auf diese Weise wölbt sich rings am Schnittrande ein Calluswall CC' hervor, dessen Innenrand bei z' eng dem Holzkörper anliegt, ohne jedoch je mit ihm zu verwachsen.

Allerdings ist dieser Calluswall zunächst nicht von der Ausdehnung und dem Bau, wie ihn die Zeichnung zeigt; diese stellt vielmehr einen aus dem Callus hervorgegangenen Wundwall dar, welcher durch die Vermehrung der neuen Cambiumzone c' bereits secundäre Verdickungselemente gebildet hat. Ursprünglich besteht dieser Calluswall nur aus zartwandigen, alsbald in fächerförmigen Reihen geordnet erscheinenden, in allen Richtungen fast gleichen Durchmesser zeigenden, parenchymatischen Zellen zz'.

In einem solchen jugendlichen, sich bald differenzirenden Calluswall bildet sich zunächst an dem äußeren Umfange eine allmählich an Dicke zunehmende Korkzone kk' als Schutzschicht der dünnwandigen, neugebildeten Gewebemasse. Ebenso grenzt sich die Schnittfläche des alten Rindengewebes R, das durch das neue Wundgewebe weit vom Holzkörper entfernt worden ist, durch eine

Korkschicht k'' nach außen ab. Die vom Schnitt getroffenen, alten Hartbastzellen b sind von der Schnittfläche aus bis tief in das gesunde Gewebe hinein braun und abgestorben. Das hinter diesen Bastzellen nach innen gelegene, ehemals jüngste Rindengewebe r hat an der Zellvermehrung und Callusbildung theilgenommen; nur in den, dem Hartbast zunächst liegenden Zellen der einstigen jüngsten Rinde hat sich eine die todte Stelle isolirende Korkzone k''' gebildet. In der Nähe dieser Korkzone verlaufen die zur Zeit des Ringelns schon angelegten, aber durch den Einfluß des Schnittes nicht mehr normal wie b gestreckten Hartbastzellen b', deren reihenweis gestellte Elemente sich rückwärts in das gesunde Gewebe hinein verfolgen lassen und allmählich sich an den alten Bast anlegen; diese Reihe findet in dem Wundwall ihre Fortsetzung in langgestreckten, aber noch sehr dünnwandigen Zellengruppen b'', die in gleichen Abständen von der Cambiumzone liegen.

Die Cambiumzone, welche in dem unterhalb der Schnittebene liegenden Theil der normal entwickelten Rebe dicht an den prosenchymatischen Holzelementen verläuft, beschreibt bei ihrem Eintritt in den Wundwall oder Ueberwallungsrand einen weiten Bogen c, c, c'; sie theilt das anscheinend gleichartige Grundgewebe in eine dem alten Holzkörper anliegende Parthie von Parenchym mit stärker porösen Wandungen, das Wundholz wh und eine äußere Parthie, die Wundrinde wr. In der deutlich markirten, fächerartigen Anordnung der einzelnen Zellenreihen erkennt man diese Reihe als secundären Nachwuchs der schon sehr früh in dem Calluswulst auftretenden Cambiumzone. Die Elemente, welche aus dieser Cambiumzone hervorgehen, haben nahezu in derselben Horizontalfläche dieselbe parenchymatische Gestalt; nur unterscheidet sich, wie gesagt, das parenchymatische Holz wh von dem Rindengewebe durch seine porösen Wandungen, die stärker verdickt und dichter, also auch scharfkantiger aneinander gelagert sind; es hat sich hier bereits ein stärkerer Druck geltend gemacht.

Aber auch in dem Rindengewebe selbst ist eine deutliche Differenzirung bemerkbar. Zwischen den etwa ovalen Zellen, welche die Grundmasse der Rinde bilden, finden wir länger gestreckte, schmalere, parallelwandigere, etwa prismatische Zellen in bogiger, der Cambiumzone annähernd paralleler Anordnung b'', welche die ersten Anlagen der Hartbastzellen darstellen; sie sind reicher an Inhalt und begleitet von Schlauchzellen, die in ihrer Längsrichtung meist parallel dem jungen Baststreifen laufen und Raphiden von oxalsaurem Kalk o enthalten, während das Rindengewebe, das aus der zur Zeit des Schnittes schon vorgebildeten, jüngsten Rinde entstanden ist und deutlich dickwandige, wenn auch noch kurze und weite Hartbastzellen enthält, den oxalsauren Kalk in sternförmigen Drusen oder großen, die Zelle ausfüllenden Einzelkrystallen enthält, wie er vorzugsweise in der normalen Rinde verkommt o'. An der Uebergangsstelle sind Raphiden und Sterndrusen oft nur durch 2 Zellen getrennt. Hier hat also nur das locker gebaute Gewebe Raphiden.

Am besten gewahrt man die mit den Baststrängen parallele Lagerung der oxalsauren Kalk führenden Schlauchzellen auf Tangentialschnitten an Kirschen; dort sieht man die vielfach netzförmig aneinander tretenden Stränge des Bastes begleitet von dicht anliegenden, in die Länge gestreckten, parenchymatischen Zellen, von denen fast eine jede eine Druse von oxalsaurem Kalk aufzuweisen hat. Bei dem Wein ist dies weniger scharf ausgeprägt und wird in dem Maße undeutlich, als das Gesammtgewebe im Ueberwallungsrande seine Differenzirung verliert. In diesem wenig differenzirten Theile erkennt man schon Gruppen dickwandigerer Elemente, ohne daß in der Umgebung bereits oxalsaurer Kalk abgelagert wäre. Der Kalk tritt in den früher mit Stärke erfüllten Zellen auf, was darauf hinweist, daß bei der Lösung der Kohlenhydrate oxalsaurer Kalk eines der Endprodukte des Lösungsprozesses ist.

Man findet in den äußersten, peripherischen Zonen des Ueberwallungsrandes darum keinen oxalsauren Kalk, weil diese Zonen aus dem erstgebildeten Gewebe des über die Schnittfläche hervorquellenden, schnell wachsenden, undifferenzirten Callus bestehen, in denen das Material gänzlich zur Zellvermehrung verbraucht wird und sich nicht schließlich als Reservestärke ablagert. Aber es bleiben im Ganzen nur wenige peripherische Zellreihen stets stärkefrei und damit frei von späterem, oxalsaurem Kalk; denn das über die Schnittfläche hervortretende Gewebe, das nur so lange den Namen „Callus“ verdient, als es vollkommen undifferenzirt ist, läßt bald eine Verschiedenartigkeit in seinem Bau erkennen und tritt somit sehr schnell aus dem Calluszustand in den Zustand des Ueberwallungsrandes. Bald nach der Bildung der peripherischen Korkumhüllung erscheint auch im Innern des callösen Gewebes eine Meristemzone, welche die Fortsetzung des Cambiumringes des normalen Rebenstückes innerhalb des Ueberwallungsrandes darstellt. Außerhalb dieser Meristemzone erkennt man dann auch schon die ersten Spuren eines Bastkörpers in einzelnen, dicht unter der Korkzone zerstreut liegenden, parenchymatischen Zellen mit etwas stärker lichtbrechender, wie es scheint, leicht quellbarer Wandung b‴. Bei einigen derselben glaube ich, eine ähnliche Siebporenzeichnung erkannt zu haben, wie sie in der tangentialen Wandung normaler Rindensiebzellen sz gefunden wird, so daß man schließen kann, daß die erste Differenzirung des Callusgewebes, welche fast gleichzeitig mit der Bildung der neuen Cambiumzone auftritt, innerhalb der Rinde in der Ausbildung von Siebzellen besteht.

Das aus der Cambiumzone hervorgehende Gewebe erscheint in der Fig. 2 der Länge nach gefächert durch die in ihrer radialen Streckung bevorzugten, in ihrem Inhalt helleren Markstrahlzellen m, welche, wie das übrige Gewebe, an der Peripherie des Ueberwallungsrandes kleinzelliger sind, innerhalb des Ueberwallungsrandes eine der Senkrechten genäherte Richtung haben und erst allmählich in dem Maße zur normalen, horizontalen Lagerung übergehen, als sie in das normale Gewebe des unverletzten Rebenstückes eintreten.

Das zwischen den helleren Markstrahlen liegende Holz ist in der Jugend des Ueberwallungsrandes, wo also erst das dem Korkrande zunächst liegende Gewebe entstanden war, kurz, sehr dünnwandig, parenchymatisch. Es erscheint, je weiter nach dem normalen Gewebe hin man es untersucht, desto länger und derbwandiger und geht aus seiner radialen Streckung immer mehr in die longitudinale der normalen Holzelemente über. Je früher im Jahre die Ringelung vorgenommen worden ist, je länger also die neugebildete Cambiumzone des Ueberwallungsrandes secundäres Wundholz produzirt, um so mehr nähern sich die später gebildeten Elemente schon in ihrer Länge und Gestalt dem normalen Holze.

In diesem zartwandigen, parenchymatischen Holze treten als erste dickwandige Elemente kurze, treppenartig poröse Gefäßzellen gz auf; dieselben haben anfangs die Größe und Lagerung der Holzparenchymzellen ihrer Umgebung und nehmen, je mehr sie sich dem unverletzten Holztheile nähern, immer mehr die Gestalt und Lagerung normaler Gefäße an. Im Gegensatz zu de Vries muß ich behaupten, daß die kurzen Gefäßzellen nicht immer die ersten dickwandigen Elemente sind. Bei sehr schwach entwickelten, unteren Ringelwülsten geht manchmal das Holzparenchym direkt allmählich in normal gelagerte, schwach verdickte Holzelemente über, ohne daß kurze Gefäßzellen vorher auftreten.

Bei dem oberen Ueberwallungsrande einer Ringelblöße, deren Callus in derselben Zeit meist schon mehr als doppelt so stark sich entwickelt, sind die Cambiumzone breiter, die sämmtlichen Elemente zahlreicher und der Anfang der Gefäßbündel im Callus immer mit Gefäßzellen beginnend. Die Ausbildung der Gefäßzellen erfolgt um so früher, also um so näher dem alten Holzkörper, ihre Gestalt, Größe, Verdickung und Lagerung wird um so normaler, je weiter von der Schnittfläche aus rückwärts das Gewebe liegt, dessen Gefäßstrang gz, gz' sich unmerklich an das vor der Ringelung gebildete, normale Holz anlegt und dessen weitere Verdickung ausmacht.

Wir können nach dem in Taf. VIII, Fig. 2 dargestellten, anatomischen Befunde uns also bildlich in der Weise ausdrücken, daß der Ringelschnitt in dem die Wunde begrenzenden, berindet gebliebenen Theile der Rebe eine ungemeine Lockerung des Holzkörpers hervorgebracht hat. Dadurch sind die Gefäßbündel, welche aus dickwandigen Holzzellen und Gefäßröhren diesseits und aus dickwandigen Hartbastzellen und Siebzellen jenseits des Cambiums bestehen, und welche im normalen Holzkörper in concentrischen Kreisen dicht aneinander gelagert sind, auseinandergerückt und in einzelne, durch Parenchymmassen getrennte Stränge aufgelöst. Diese Stränge gz' (Gefäßstrang) und b' (Baststrang) setzen sich, an Elementen immer ärmer werdend und immer mehr sich verändernd, in den als Calluswulst ursprünglich über die Schnittfläche hervorbrechenden Ueberwallungsrand fort.

Daß der Gefäßbündelkörper, welcher in den unverletzt gebliebenen Theilen der Rebe den nur durch wenigzellige Markstrahlen gefächerten Holzkörper und Bastring bildet, gleichsam durch das in Folge der Ringelung entstandene, parenchymatische Gewebe in einzelne, immer dünner werdende, wellig in radialer und tangentialer Richtung verlaufende, untereinander anfangs noch durch Anastomosen netzartig verbundene, endlich aber isolirte und fächerartig auseinandergehende Stränge zerfasert wird, sehen wir am besten an Querschnitten, die in verschiedenen Höhen durch den Ringelwulst geführt werden. Wegen der größeren Deutlichkeit sind die Querschnitte 3 und 4 auf Tafel IX aus dem oberen, analog gebauten, aber stärker entwickelten Ueberwallungsrande derselben Weinrebe entnommen worden, die den Längsschnitt Fig. 2 auf Tafel VIII geliefert hat.

Fig. 3 zeigt den Ringelwulst querdurchschnitten in der Höhe, wo derselbe aus der alten Rinde heraustritt, also ungefähr bei SS′ in Fig. 2; Fig. 4 ist ein Querschnitt durch die Mitte des herausgetretenen Theiles des Ueberwallungsrandes, also etwa in der Ebene kwh bei Fig. 2. Fig. 3 H stellt ein Stück des alten, vor der Ringelung gebildeten Holzes dar; g′ bezeichnet die weiten, leiterförmigen oder spaltenförmig-porösen Gefäße, von denen diejenigen, welche der Schnittfläche SS′ am nächsten liegen, in Folge der Verwundung sich mit Thyllen t angefüllt haben und in Folge dessen für die Durchlüftung unwegsam geworden sind; h zeigt die querdurchschnittenen Holzzellen. SC′ (bei Fig. 4 CC′) ist die in Folge des Ringelschnittes entstandene Neuholzbildung, des Ueberwallungsrandes. In diesen Ueberwallungsrand hinein, der aus dem Callus hervorgegangen ist, sehen wir aus dem normalen Gewebe H die Markstrahlen m mit kurzer Unterbrechung sich fortsetzen. Die Markstrahlen werden immer breiter; die Gefäßbündel, deren Holzkörper im normalen Holze dicht aneinander gelagert sind, werden nun durch die immer breiter werdenden Markstrahlpartien immer weiter aus einander gerückt; die Bündel werden dabei ärmer an Elementen und normale Holzzellen sind nicht mehr vorhanden. Der Strang st, besteht nur noch aus kürzeren, weiten, runden und engeren, mehr abgeplatteten Gefäßen, nebst weiten, meist schon stumpf aufeinander sitzenden, weniger dickwandigen Holzzellen.

Der eine Strang st im normalen Holze hat sich im Gewebe des Ringelwulstes bereits in zwei Stränge st′ gespalten und diese, in der noch weiter von der Schnittebene entfernten Region (Fig. 4 st′) wieder in je vier Stränge gefächert. Dabei sind durch die Bildung neuer Markstrahlen (Fig. 4 m′) die neuen Bündel aus ihrer bisherigen Anordnung herausgedrängt worden; sie rücken jetzt in einzelnen Gruppen weiter nach der Peripherie des immer dicker werdenden Ringelwulstes. Indem auch die tertiären Markstrahlen immer breiter werden, erscheinen nun auch diese dünnen, sich im Längsverlauf verästelnden Stränge von Gefäßen (Fig. 4 st′) immer weiter auseinander gerückt, bis sie

endlich in der Nähe des Außenrandes des Ringelwulstes ganz verschwinden. Die letzten Ausläufer dieser Elemente sind kurze, weite, poröse Zellen von Holzparenchym.

Es ist bekannt, daß zu jedem Gefäßstrange des Holzkörpers ein Baststrang gehört. Das Holz ist mit der Rinde Geschwisterkind [1]). In Fig. 3 b sehen wir das Hartbastbündel, welches zu dem Holzstrange st gehört; b' und bb' stellen die in ihren Zellen analog den Holzelementen weiter gewordenen Bastkörper dar, welche zu st' gehören; die radiale Verdickung der Weichbastzellen ist in der Zeichnung nicht gut wiedergegeben.

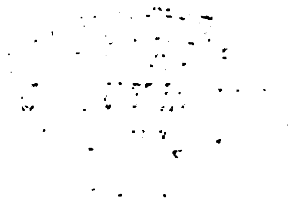
Im Herbst, wenn die Weinrebe ihre primäre Rinde durch eine Korkzone abgrenzt, hat die wellig verlaufende Korkschicht k hier im Ringelwulst die Bastbündel in zwei Theile (Fig. 3 b' u. bb') zerschnitten; c'c' bedeutet bei Fig. 3 u. 4 die Cambiumzone, o ist eine Schlauchzelle mit oxalsaurem Kalk in Raphidenform; bei einigen Schlauchzellen lassen sich scharf zackenartige, sehr kleine Vorsprünge auf der Innenseite der Membran wahrnehmen.

Die erste Differenzirung im Calluswulst läßt sich auch nach Uebergang desselben in den fertigen Ueberwallungsrand oder Ringelwulst noch erkennen, wenn man, von der äußersten Korklage beginnend, Querschnitte durch das Wulstgewebe macht, wenn man also bei Fig. 2, Taf. VIII von der am meisten nach unten vorgewölbten Parthie beginnt und nach oben hin fortschreitet. Bezeichnen wir den dem alten Holze anliegenden Theil (Fig. 2 z' bis S) als dessen Innenseite im Gegensatz zu der kugelig gewölbten Außenseite; es zeigt sich nach den ersten Querschnitten bereits das unmittelbar unter der Korkzone liegende, parenchymatische Gewebe des Innenrandes durch Jod dunkler gefärbt, als die entsprechende Parthie der gegenüberliegenden Außenseite. Ebenso erkennt man bei Anwendung von Jod auch eine radiale Fächerung des Gewebes, indem Streifen von anfangs nur 1—3 Zellen Mächtigkeit durch Jod dunkler gefärbt werden, als die breiteren, zwischen ihnen liegenden Parthien. Auch in der Gestalt der Zellen läßt sich schon in den ersten Querschnitten ein Unterschied finden, indem die dem Außenrande näher liegenden Zellen rundlicher als die dichteren, dem Innenrande genäherten Zellen erscheinen; auch sind die sämmtlichen, direkt unter der verkorkten Außenschicht liegenden Zellen kleiner, als die im Centrum liegenden. Die helleren Streifen enthalten Zellen von größerer radialer Streckung, die erste Andeutung der Markstrahlen. Die Zone der erneueten Zelltheilungen zum Zwecke der Anlage des späteren Cambiumringes liegt zunächst dicht an der Innenseite des Calluswulstes, sich an die Region von Zellen anschließend, welche zur Verstärkung der peripherischen Korkzone zuletzt in Theilung getreten ist; von da aus rückt sie in den folgenden Querschnitten immer weiter von dem alten Holzkörper fort (vergl. den bogigen Ver-

[1]) Ratzeburg: Waldverderbniß, I, 70.



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



lauf im Längsschnitt Fig. 2 cc′) erreicht noch außerhalb der Ebene, in welcher der Ringelschnitt ausgeführt worden ist, ihre größte Entfernung vom alten Holzkörper und nähert sich innerhalb der alten Rinde wieder dem normalen Holze, bis sie als normales Cambium auch wieder ihre gewöhnliche Lage einnimmt.

Die absoluten Maße variiren natürlich nach der Kräftigkeit der Reben und je nachdem man an derselben Rebe den oberen oder unteren Ringelwulst betrachtet; der erstere ist oft derartig üppig, sein Rindengewebe derartig locker, daß radiale Lücken im Gewebe entstehen; auch äußerlich reißen die Ringelwülste bei dem Wein gern stückweise auf, so daß eine reiche Furchung derselben (Taf. VIII, Fig. 1 u′) eintritt.

Soweit der Ringelwulst über die Schnittebene hervortritt, zeigt derselbe an seinem ganzen Umfange unmittelbar unter der Korklage Rindengewebe, in welchem oft Zellen mit rothgefärbtem, wässerigem Inhalt auftreten. Auch der der Lichteinwirkung wenig zugängliche, dem alten, entblößten Holzkörper zugewendete Innenrand hat solche gefärbte Zellen aufzuweisen; nur ist hier die Entwicklung der Korkzone, sowie des darunterliegenden Rindengewebes eine spärlichere, indem die Korkzone des Innenrandes bisweilen nur aus den äußersten, verkorkten, braunen, hier und da durch Quellung der secundären Membran dickwandigen, ursprünglichen Calluszellen besteht, oder doch nur wenige Lagen tafelförmiger, ächter Korkzellen darunter aufzuweisen hat, während der Außenrand diese in bedeutender Mächtigkeit und von quadratischer Form mit nach außen gewölbten Wandungen meist entwickelt.

Gegenüber der bedeutenden Entwicklung der Rinde des Außenrandes ist das Rindengewebe des Innenrandes auch nur auf wenige Zellen beschränkt, die ganz allmählich in das poröse Holzparenchym übergehen, in welchem sich dann die oben erwähnten Gruppen kurzer Gefäßzellen einfinden, welche die erste Anlage der ursprünglich isolirt auftretenden Gefäßbündelstränge darstellen. Die Bildung jener Gefäßstränge findet in den obenerwähnten durch Jod dunkler werdenden Radialstreifen des Callusgewebes statt, indem einzelne, mehr oder weniger dicht am Innenrande liegende, radial gestreckte Zellen durch 3 bis 4 Querwände gefächert werden. Die weitere Entwicklung der Gefäßbündelstränge in dem aus callösen Gewebe hervorgegangenen Rindenparenchym wird an anderer Stelle später besonders besprochen werden.

Gesammtbild.

Bei der Wichtigkeit, die ein volles Verständniß der bei andern Wundheilungsprozessen zur Erklärung herangezogenen Vorgänge bei der Bildung des Ringelwulstes für den Praktiker hat, mag es erlaubt sein, noch einmal einige Punkte bildlich zu erörtern. Wir können bei Betrachtung der Taf. VIII, Fig. 2 gleichsam sagen, daß sich zwischen das normale Holz und die normale Rinde

ein keilförmiger Parenchymmantel ergossen hat, der nach der Wunde hin immer breiter und immer kurzzelliger wird, immer weiter die alte Rinde vom Holze abhebt und endlich als Ringelwulst mehr oder weniger weit über die Schnittfläche hervorquillt. Diese parenchymatischen Elemente sind es, welche die Auftreibung des Zweiges an der Ringelwunde hervorrufen. Das Cambium, welches in den normalen Zweigpartien dicht auf dem festen Holzkörper aufsitzt, hat sich durch das aus ihm in Folge der Verwundung hervorgegangene Parenchym weit von dem alten Holze entfernt und bildet in dem Wuchergewebe einen dunkleren, nach der Wunde hin glockenartig sich ausweitenden, im Ringelwulst selbst sich krummstabartig nach dem alten Holze zurückbiegenden Streifen. Durch diesen nach der Schnittfläche hin glockenartig ausgeweiteten Cambiummantel ist uns der Anhaltspunkt dafür gegeben, was wir von dem Wuchergewebe als Holzkörper, was wir als Rindengewebe aufzufassen haben.

Die ganze parenchymatische Zone zwischen Cambiumstreifen und altem Holz ist der Holzkörper des eingeschalteten Wuchergewebes.

Der anatomische Bau dieses Wundholzes aber läßt kaum seine Verwandtschaft mit dem normalen Holze erkennen; nur durch das Studium der Uebergänge gelingt es, einen Einblick in die Veränderung der Gewebe zu erhalten, welche sich durch den Einfluß der Wunde gebildet haben.

Wenn wir Querschnitte an der Uebergangsstelle des normalen Achsentheils in den durch das Wuchergewebe veränderten machen, so gewahren wir zunächst, daß die Markstrahlen immer breiter, die zwischen ihnen liegenden, radialen Zonen normalen Holz- und Rindengewebes immer schmäler werden. Je mehr wir uns dem Wundrande nähern, desto schmäler werden diese Parthien, die wir, anlehnend an den Umstand, daß ursprünglich immer ein Gefäßbündel zwischen je zwei Markstrahlen liegt, „Gefäßbündelparthie" nennen wollen.

Diese Gefäßbündel- oder Fascicularparthien, welche in dichter, concentrischer Vereinigung den normalen Achsentheil darstellen, keilen sich nun bei ihrer Annäherung an die Wunde immer mehr aus, bis sie endlich dicht am Wundrande nur noch schmale, radiale, dunkle Streifen in einer dem Markstrahlengewebe ähnlichen, parenchymatischen Grundmasse bilden.

Aber nicht nur die Ausdehnung dieser Fascicularparthien hat sich in dem nach der Verwundung zunächst entstandenen Wuchergewebe verändert, sondern auch der anatomische Bau ihrer Elemente, die, je mehr sie sich der Peripherie des Ringelwulstes nähern, um so gleichmäßiger und kurzzelliger, dem Callusparenchym selbst um so ähnlicher werden.

Betrachten wir den Holzkörper des Wundgewebes, das Wundholz (Fig. 2 wh), genauer, so sehen wir dasselbe an der Uebergangsstelle aus dem normalen Holztheil zunächst dadurch verändert, daß sich zwischen die Holzzellen parenchmatisch-dünnwandige Zellen eindrängen, die aber noch die Länge der normalen Zellen besitzen. Etwas weiter nach der Wunde zu verschwinden die

dickwandigen Holzzellen gänzlich und die dünnwandigen, aber noch ebenso lang wie die normalen Holzzellen erscheinenden, parenchymatischen Zellen bilden bereits die Grundmasse, in welcher noch größere Gruppen von Gefäßen und Gefäßzellen eingesprengt liegen; nur die sehr weiten, im Querschnitt rundlichen Gefäße sind nicht mehr aufzufinden.

Nähert man sich dem Wundrande bis auf etwa 1 cm, so gewahrt man, daß die parenchymatischen, das normale Holz ersetzenden Zellen zwar noch zugespitzt sind und mit ihren Spitzen zwischen einander greifen, aber nur noch etwa halb so lang als die normalen Holzzellen sind. Der Einfluß der Rindenlockerung an der Wundstelle macht sich also hier bereits in einer Theilung der Cabiumzelle geltend. Diese Theilung nimmt nun weiter nach unten hin zu, indem jede Hälfte der einmal getheilten, normalen Cambiumzelle sich noch einmal theilt. Auf diese Weise hat das Gewebe, welches hier die Grundmasse bildet, nur noch Zellen von etwa dem vierten Theil der normalen Zellenlänge. Anfangs sind diese kurzen Zellen meist auch noch etwas zugespitzt; nach dem Wundrande hin aber hört auch endlich die Zuspitzung auf; die Zellen sitzen stumpf aufeinander, wie ächtes Parenchym. Eine Sonderung zwischen dem allmählich sich auch durch tangentiale Theilung verkürzenden, aber immer reichlicher auftretenden Markstrahl- resp. Interfasciculargewebe und dem Fasciculargewebe ist nicht mehr kenntlich.

Mit der Aenderung der parenchymatischen Zellen der Grundmasse geht im gleichem Sinne auch eine Aenderung der Gefäßelemente des Wundholzes vor sich. Dieselbe besteht zunächst darin, daß die Gruppen enger Gefäße und Gefäßzellen nach der Wunde hin immer schmäler werden und sich endlich in dünne, tangential sowohl als radial wellig nach dem Wundrande hin verlaufende Stränge, die untereinander anastomosiren, auflösen. Die Elemente, welche die Gefäßstränge zusammensetzen, ändern auch ihre Form. Bereits oben ist bemerkt worden, daß zunächst die weiten Gefäßröhren verschwinden; später findet man nur noch zugespitzte, bisweilen durch ein rundes Loch mit einander verbundene, getüpfelte Gefäßzellen (Tracheïden), die nach der Wunde hin immer kürzer werden, bis sie in dem isodiametrischen Parenchym am Wundrande selbst ebenso kurz, wie die parenchymatische Grundmasse sind.

Die hier beschriebenen Uebergänge der einzelnen Gewebeformen in einander, von dem normalen Zweigtheil bis zur Wundfläche, lassen sich am besten in der unmittelbar nach der Verwundung aus dem Cambium entstandenen, also dem normalen Holze dicht anliegenden Wundholzpartie studiren. Sobald das Cambium durch größere Massen parenchymatischen Wuchergewebes am Wundrande weit von dem alten Holzkörper entfernt worden und sich mit der Meristemzone, die im Callus in einiger Entfernung von der Korkschicht entstanden ist, vereinigt hat, beginnen die aus der Cambiumschicht nun hervorgehenden Elemente allmählich auch in der Querrichtung (also in radialer Richtung) die Ueber-

gangsformen zu bilden, die wir in der Längsrichtung auf dem Wege von dem Wundrande nach dem normalen Holze hin kennen gelernt haben.

Die Folge dieser Veränderung ist die langsame Entstehung normaler Holzelemente am Wundrande selbst und die Wiederherstellung eines festen Holzkörpers über der Wundfläche. Der Verlauf der normalen Gewebeelemente bleibt über der Wundstelle allerdings stets ein geschlängelter, radial-welliger.

Je nach der Art der Ringelung ist die Ausbildung des Wundwalles und der Einfluß desselben auf den ganzen Sproß ein verschiedener.

Bestand die Wunde nur in einem ringförmigen oder spiraligen Einschnitt in die Rinde, dann werden die Wundgewebe der beiden Schnittränder sich alsbald vereinigen und durch Verschmelzung ihrer Cambiumzonen zu einem zusammenhängenden Mantel das normale Weiterwachsen des Sprosses in kurzer Zeit ermöglichen.

Etwas länger wird die Wundheilung währen, wenn zwischen zwei Rindenschnitten ein schmaler Rindenstreifen fortgenommen ist, wie dies bei der Obstbaumzucht zum Zweck der Erhöhung der Fruchtbarkeit einzelner Zweige geschieht. Ist die auf diese Weise hergestellte Ringelblöße klein, so daß die beiden Ueberwallungsränder einander überhaupt noch erreichen können, bevor der bloßgelegte Holzkörper durch die Witterungseinflüsse abstirbt, so wird allmählich eine Verschmelzung der durch den längeren Zeitraum ihrer Isolirtheit dicker gewordenen Ueberwallungswülste eintreten. Ist jedoch die durch die Entnahme einer den ganzen Stammumfang umfassenden Rindenpartbie entstandene Ringelblöße etwa 1 cm und darüber lang, so daß sie die eigentliche Schälwunde darstellt, dann wird die Bildung der Ueberwallungsränder nutzlos für die Heilung der Wunde, und es muß, falls Heilung überhaupt erfolgen soll, ein anderer Vorgang, die Neuberindung von Seiten des Holzkörpers zu Hülfe kommen.

e) Die Schälwunde.

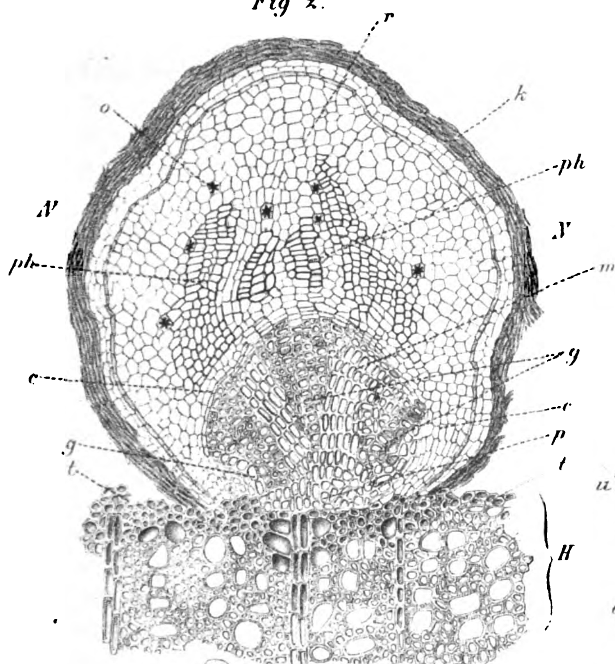
(Hierzu Taf. X).

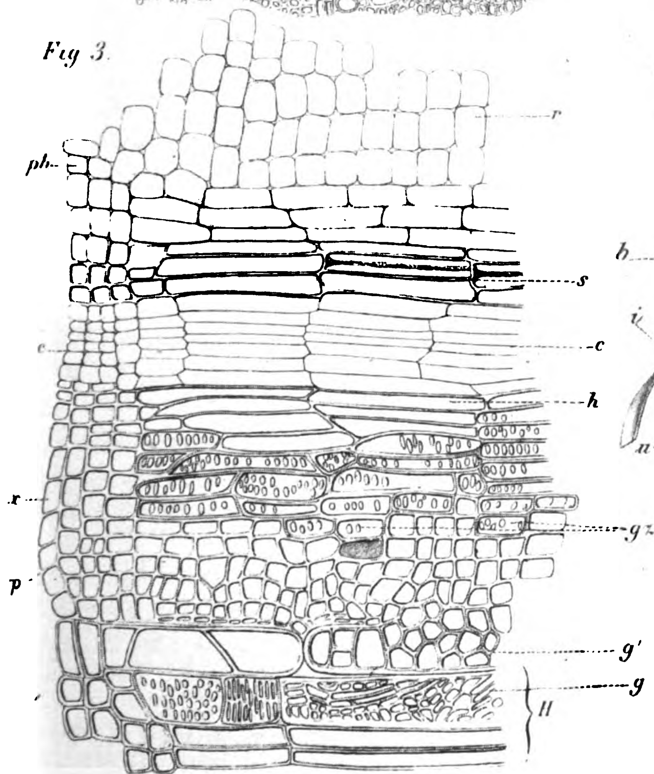
Frühere Versuche.

Die Vorgänge der Wundheilung bei einer den Stamm umfassenden, oft meterlangen Holzblöße, die durch Entfernung der gesammten Rindenelemente entstanden ist, sind schon seit mehr denn hundert Jahren Gegenstand der Beobachtung einzelner Forscher gewesen.

So citirt Treviranus [1]), daß L. Frisch bei einem Gutsbesitzer in der Mark mehrere Aepfel- und Birnbäume sah, denen man die ganze Rinde vom Ansatze der untersten Zweige bis zur Wurzel im ganzen Umfange des Stammes so genommen hatte, daß überall das weiße Holz zu sehen war. Die Bäume

[1]) Treviranus: Physiologie d. Gewächse, Bd. II, Abth. I, 1838, S. 222.







Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



waren wieder mit neuer Rinde bekleidet. Frisch versichert, daß dieses Experiment immer gelinge, wenn man nur die Zeit der Sonnenwende dazu benutze und die entblößte Oberfläche, auf welcher man den Saft mit einer Feder gleichmäßig ausbreiten soll, durch Leinwand oder Rohrdecken gegen Sonne und Winde schütze (Miscell. Berolin. Contin, II [1727] 26).

Der berühmte Experimentator Duhamel[1]) nahm in der Saftzeit von mehreren jungen Stämmen, von Ulmen, Pflaumen u. s w. einen etwa 7—10 cm breiten Ring bis auf's Holz weg und umgab die Wunde mit einem Glascylinder, der oben und unten am unverletzten Stammtheil mit Kitt und Blase verschlossen wurde. Er sah auf der Holzfläche zarte, gallertartige Wärzchen sich bilden, welche zwischen den Holzfasern des Splintes hervorbrachen (des mamelons gélatineux qui sortaient d'entre les fibres longitudinales de l'aubier); diese Wärzchen, welche der Mehrzahl nach unter äußerst zarten, wahrscheinlich stehen gebliebenen Bastlamellen sich emporhoben, waren erst weiß und halbdurchscheinend, später grau und nach 10 Tagen (am 18. April) grün. Diese Neubildungen breiteten sich im Laufe des Sommers aus und bildeten durch Vereinigung eine narbige Rinde, unter welcher zarte Holzlamellen erkennbar waren. „Ainsi il est bien prouvé que le bois peut produire de l'écorce et que cette écorce est des lors en état de produire des feuillets ligneux . . ."

An diesen Neubildungen hatte aber der obere Ueberwallungsrand theilgenommen. Es war also noch zu untersuchen, ob ohne eine Theilnahme der Ueberwallungsränder auf dem entblößten Holzkörper eine neue Rinde entstehen könne und zweitens, ob auch ohne irgend einen Schutz solche Rinde gebildet werden möchte.

Aehnliche Versuche machte Knight und erhielt ähnliche Erfolge. Einmal beobachtete er[2]) an Ulmus montana eine Reproduktion der Rinde, ohne daß die Wunde bedeckt war; der Baum hatte einen schattigen Standort. An alten gekappten Eichen mit unvollkommen eintretender Neuberindung fand Knight, daß die gallertartigen Wärzchen aus dem parenchymatischen Zellgewebe (Markstrahlen Sor.) hervorquellen, und „in vielen Fällen wurde nur auf deren Oberfläche eine neue Rinde in kleinen und getrennten Portionen erzeugt".

Meyen[3]) citirt die Beobachtungen von Werneck, nach welchen die Wiedererzeugung der Rinde nur dann gelingen soll, wenn das Abschälen um Johanni geschieht, wenn die Stämme noch jung sind und die verwundete Stelle „sehr sorgfältig durch einen hohl und dicht anliegenden Verband gegen Austrocknung geschützt wird."

---

[1]) Duhamel: Physique des arbres 1758, II, S. 42, t. VII ff. 63 und a. a. O. S. 44, t. VIII ff. 66, 67.

[2]) Treviranus a. a. O. S. 223 (Beytr. 223).

[3]) Meyen: Neues System d. Pflanzenphys. 1837, S. 394.

Meyen's[1]) eigene Ansicht finden wir bei Wiedergabe seiner Versuche in seiner Phytopathologie. Er schälte am 30. April 1839 während eines warmen Sonnenscheins Stämmchen und große Aeste von Haselnuß, Schneeball, Syringa und Weide, umschloß die Schälstellen nach Art der Duhamel'schen Experimente mit verkitteten Glasröhren, die noch mit Papier umwickelt wurden, obgleich er die Versuche an stark bebuschten Stellen ausführte. Auch hier wurden gallertartige Tröpfchen ausgeschwitzt, „welche stets an denjenigen Stellen hervortraten, wo die Markstrahlen auf der Oberfläche des Holzes zum Vorschein kommen."

Die mikroskopische Untersuchung dieser Ausschwitzungen ergab ihre Zusammensetzung aus zartem Zellgewebe „welches sich durch den neuen, gummihaltigen Saft immer mehr und mehr vergrößerte, der durch die Markstrahlzellen ausgeschieden wurde."

Die grünliche Färbung, welche diese Neubildungen annehmen, rührt von Chlorophyllkörnern her. Diese Neubildungen erhielten im Laufe des Versuchsjahres eine Stärke bis zu 11 mm, schrumpften aber bei dem Vertrocknen stark ein.

Meyen kann diesen neuen Produktionen, die übrigens auch im Freien an schattigen Orten entstehen[2]), nicht die Bedeutung der Rinde zusprechen; denn man sieht „keine Sonderung der verschiedenen Schichten, aus welchen die normale Rinde desselben Baumes besteht und es findet sich in derselben auch keine Spur von Baströhren, welche offenbar besonders wichtig sind ...."

Der seiner Zeit ausgezeichnete Physiologe, der nach der Mirbel'schen Anschauung das Cambium für einen strukturlosen Saft anspricht, der solche Zellbildungen hervorbringt, wie die, aus denen er herausgetreten, hat zwar das Verdienst, das Mikroskop bei Untersuchung der neuen, bei Heilung der Schälwunde auftretenden Produktionen angewendet zu haben, allein es ist ihm nicht geglückt, die Holzproduktion unter den Neubildungen zu beobachten und die Identität dieser Bildungen mit der normalen Rinde nachzuweisen.

Wahrscheinlich waren die feuchte Luft und starke Beschattung seiner Cylinder Schuld, da diese Faktoren, wie wir sehen werden, den Charakter der Neubildung wesentlich beeinflussen.

Früher als Meyen experimentirte Dalbret[3]), indem er am 21. Juni eine Esche und einen Nußbaum schälte, die Schälstellen in Cylinder einschloß und dieselben Resultate wie Duhamel erhielt.

Hartig[4]) schälte im Frühjahr 1852, als die Entwicklung der neuen

---

[1]) Meyen: Pflanzen-Pathologie, herausgegeb. v. Nees v. Esenbeck. Berlin 1841, S. 14.

[2]) Pflanzenphysiologie, Bd. I, S. 390.

[3]) Journal de la societé d'agronomie pratique 1830, cit. von Trécul in „Accroissement des végétaux dicotyledonés ligneux." Annales des sciences natur, III. Serie, t. XIX, Paris 1853.

[4]) Th. Hartig: Vollst. Naturgesch. d. forstl. Kulturpfl. Deutschlands. Berlin 1852. Figurenerklärung Taf. 70, Fig. 1—3.

Jahresringe bereits begonnen hatte, 30—40 ältere Eichen auf 6—8 m Länge vom Boden aus und fand im August die meisten der geschälten Bäume ebenso dicht belaubt als die danebenstehenden, nicht entrindeten Stämme. An 5—6 jungen Stämmen hatte sich, „merkwürdiger Weise“ fast nur auf der Sonnenseite, ein aus den Markstrahlen des Holzes hervorgedrungener, grindiger Ausschlag gebildet. Die anatomischen Untersuchungen zeigten, daß der Ausschlag, ganz unabhängig vom Baste und Cambium, allein aus dem Holze hervorgehe und ein Produkt der Markstrahlen sei.

Die Neubildung beginnt mit dem Auftreten einer Korkzellenlage an der Peripherie des gesunden Markstrahlgewebes, durch welche eine äußere, abgestorbene Parthie abgegrenzt wird. Der lebendige Theil des Markstrahls entwickelt nun in seinem Umfange mehrere Lagen parenchymatischer Zellen, die sich, wie das vorhandene Markstrahlgewebe grün färben. Durch die Vermehrung des parenchymatischen Gewebes um den Markstrahl herum entsteht ein schnell stärker werdender Calluswulst, der die mit Lenticellenbildung beginnende Korkschicht immer weiter nach außen drängt. „Das neue Zellgewebe entwickelt sich nicht etwa an einem Orte, vom lebendigen Markstrahl aus, sondern wie überall, bilden sich neue Zellen an allen Orten im Innern der vorgebildeten Zellen, diese resorbiren die Mutterzellen, erwachsen zur Größe derselben und erweitern die Masse in allen ihren Theilen. Trotz der Erweiterung des Callus durch das heranwachsende Zellgewebe behält daher der lebendige Theil des Markstrahls stets denselben Umfang, dieselbe Größe, Zahl, Form und Stellung des ihn constituirenden Zellgewebes.“

„Hat der Callus eine gewisse Ausdehnung erreicht, so werden einzelne Parthien ungemein dickwandig, wie dies auch im normalen Verlauf des Rindenlebens der Fall ist (Steinzellennester). Weiterhin entwickelt sich an jeder Seite des lebenden Markstrahls, unfern der Spitze desselben, im Zellgewebe zwischen ihm und der Korkschicht ein Faserbündel, bestehend aus getüpfelten Holzfasern und Holzröhren.“ Durch Verschmelzung der einzelnen, gleichnamigen Gewebezonen der bisher völlig isolirt gewesenen, warzenartig hervortretenden Neubildungen entsteht eine zusammenhängende, mit Korklage versehene Rindenschicht, welche nur durch die radiale Anordnung ihrer Zellelemente im Querschnitt von dem Bau der normalen Rinde abweicht. „An den Seiten der Markstrahlspitze schreitet die Entwicklung des Holzkörpers bis zur Bildung einer zusammenhängenden, vom Zellgewebe des alten wie von neu gebildeten, kleineren Markstrahlen durchsetzten Holzschicht vor. Die einzelnen Holzbündel bestehen aus Holzfasern und Holzröhren. Eigentliche Spiralfasern fehlen. Mit vorschreitender Entwicklung des Holzkörpers bildet sich auch eine Trennungslinie zwischen ihm und dem Rindenkörper (Meristemzone Ref.) immer schärfer aus, obgleich weder von Bastfasern, noch von Saftröhren eine Spur zu entdecken ist.“

Die einen bedeutenden Fortschritt darstellenden Beobachtungen von

Th. Hartig ergeben also, daß die Entwicklung der neuen Rinde auf einer Schälwunde auf Kosten der im Holzkörper vorhandenen Nahrungsstoffe geschieht und mit der Bildung eines Callusgewebes um die Markstrahlspitzen beginnt.

Welche Zellen den Anfang der Callusbildung hervorrufen, geht weder aus der Beschreibung, noch aus den Zeichnungen hervor.

Diese Lücke füllt Trécul[1]) mit seinen eingehenden, anatomischen Untersuchungen aus, die gleichzeitig die Betheiligung des gesammten, auf dem geschälten Holzstamm verbliebenen, jungen Gewebes und nicht nur der Markstrahlen an der Callusbildung nachweisen. Allerdings können unter besonderen Verhältnissen die Markstrahlzellen die Callusbildung allein veranlassen; jedoch tritt ebensogut auch der Fall auf, daß von den jungen Holzzellen allein die Callusbildung eingeleitet wird.

An der Callusbildung betheiligen sich die jungen Holzzellen, Markstrahlzellen und die engen Gefäße durch Umwandlung in Parenchymzellen, die sich nun weiter vermehren.[2])

Die jüngsten, auf dem Holzcylinder stehengebliebenen Zellen weiten sich aus; sie verlängern sich und in ihrem Innern bilden sich Scheidewände; die Endzelle der jungen Calluszellreihen wird am größten und weitesten, oft kugelrund, dann keulenförmig gestreckt, und in diesem Zustande entsteht gewöhnlich eine neue Querwand.

Die jetzt durch die Querwand hergestellte neue Endzelle wiederholt diesen Prozeß. Die darunterliegenden, älteren Zellen strecken sich auch in die Länge und theilen sich.

Außer dieser Art von Callusbildung beobachtete Trécul noch einen andern Fall. Während bisher die äußersten der stehengebliebenen Zellen sich durch Ausweitung und Abschnürung zum Callusgewebe entwickelten, kommt es auch vor, daß die äußersten Zellen nur eine geringe Entwicklung zeigen und daß die unter denselben, liegenden, innersten jugendlichen Holzzellen die Rolle der eigentlichen Callusbildner übernehmen. Trécul bildet (pl. 7, Fig. 11) einen Längsschnitt von Ulmus ab, dessen Callus am Rande aus kurzen, isodiametrischen Zellen besteht. Diese allmählich vertrocknende Schicht ist vom Holzkörper in die Höhe geschoben worden durch eine dicke Calluslage, deren ältere Zellen jetzt dem Holze anliegen, deren jüngste Zellen am weitesten vom alten Holze entfernt, unmittelbar unter der emporgehobenen, absterbenden Schicht liegen, sich lang radial gestreckt haben und bereits radial parallele Reihen bilden.

---

[1]) Trécul: Accroissement des végétaux dicotyledonés ligneux. Annales des scienc. nat. XIX, S. 165.

[2]) „les fibres ligneuses, les rayons médullaires et les vaisseaux d'un petit diamètre eux-mêmes sont métamorphosés en tissu cellulaire proprement dit; car il y a une métamorphose réelle de ces organes élémentaires en tissu utriculaire ordinaire, et ensuite multiplication de ces utricules nouvelles.

Beide Fälle der Callusbildung können gleichzeitig an demselben Exemplare vorkommen. Wahrscheinlich durch Vertrocknung der äußeren Schichten des bloßgelegten Cambialkörpers werden die innersten zur Vermehrung angeregt.

Wie sich aus meinen eignen Versuchen ergiebt, können die sämmtlichen Zellen der cambialen Region, nicht allein die jungen Holzzellen, wie de Vries meint, sondern auch die jungen Rindenzellen an der Callusbildung theilnehmen. Es kommt lediglich darauf an, welche Zellschichten bei dem Abschälen der Rinde stehen bleiben. Löst sich die Rinde derart, daß nur einige diesjährige Splintzellen, die noch vermehrungsfähig sind, an dem alten Holzkörper verbleiben, dann muß von ihnen die Callusbildung ausgehen; wenn dagegen die allerjüngsten, cambialen Holzzellen noch stehen bleiben, so übernehmen diese die Callusbildung, während der darunterliegende, jugendliche Splint sich seiner Anlage gemäß zu differenzirtem Holz mit Gefäßen ausbildet und nur darin sich verändert, daß alle Elemente kürzer, radial weiter und dünnwandiger sich ausbilden.

Das trefflichste Beispiel für diesen Fall giebt Trécul[1]) in seiner Fig. 5, pl. 3 von einer Linde.

Wir verwenden diese als Figur 25 (s. S. 562) zur Bestätigung unserer Ansicht. B bedeutet das junge, schon vor der Entrindung gebildete, diesjährige Holz mit den Gefäßen v. A und A' ist nach Trécul das alte Holz des vorigen Jahres.[2]) Der Riß, der die Rinde abhob, ist über dem höchststehenden Gefäße v horizontal bis zu der mit x' bezeichneten Zelle verlaufen, hat sich von dort rechts abwärts gesenkt, bis nahezu auf die dünnwändigen, letztgebildeten Zellen des Vorjahres, so daß die ganze Gruppe g als Neubildung zu betrachten ist. Bei x hat die gelöste Rinde nur die äußersten Schichten des jüngsten Holzes weggenommen oder vielleicht gar nur die centrale Cambialzone gefaßt, so daß der sämmtliche Splint stehen geblieben ist. Nun verlängern sich die äußersten Zellen schlauchförmig l, und theilen sich, fortwachsend l' durch eine Scheidewand, worauf die abgeschnürte obere Zelle r jeder Reihe den Verlängerungsprozeß wiederholt.

Das junge Holz (Splint) hat sich durch die Verwundung, also durch die Aufhebung des Rindendruckes, radial gestreckt, ist kurzzelliger und weitlumig geworden, ist dünnwandig verblieben, und die bereits angelegten Gefäße haben sich ausgebildet.

Nach x' hin ist mit der abgelösten Rinde auch der junge Splint fortgenommen worden, und auf dem Holze des vorigen Jahres sind nur wenige,

---

[1]) Trécul a. a. O., S. 167.

[2]) Es könnte auffallend erscheinen, daß der Jahresring bei A' mit ganz dünnwandigem Frühlingsholze abschließt. Es kommen aber in der That solche Fälle vor. Ich erhielt aus der Eifel krebskranke Lärchen im Januar 1876, deren Jahresring nach dem Herbstholze noch 6 Zellen enthaltende Lagen von dünnwandigem Frühjahrsholz gebildet hatten.

junge Holzzellen dieses Jahres stehen geblieben; diese haben nun die Callusbildung übernommen und natürlich gefäßlosen Callus gebildet, der weitzelliger

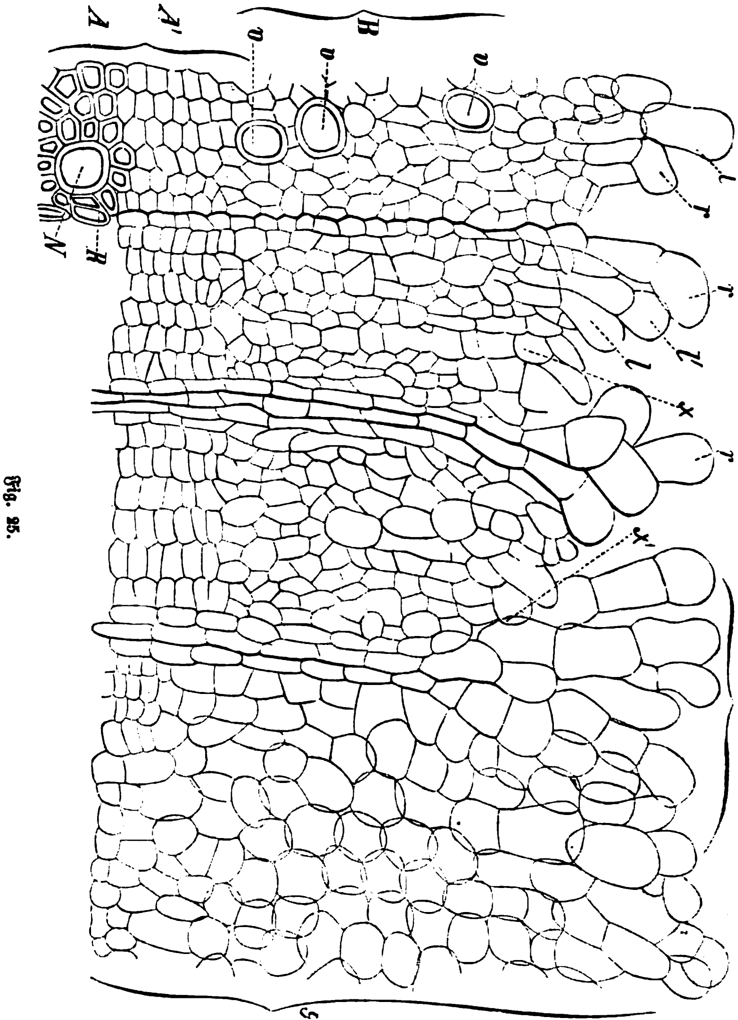


Fig. 25.

geworden und schneller ein größeres Volumen angenommen hat, als die anliegende Parthie, deren Dickenausdehnung er auf diese Weise erreicht hat. [1])

Neuere Beobachtungen.

Im Anschluß an die Erklärung der Trécul'schen Figur gebe ich auf Taf. X die Darstellung einer Neuberindung an einem jungen Süßkirschbaum.

[1]) Wir geben zur Charakterisirung der Trécul'schen Auffassung dessen Figurenerklärung l. c. p. 191: A, A' bois de l'année précédente, V vaisseaux de ce bois;

dessen Rinde in Fig. 1 von u bis u′ vollkommen abgehoben worden war; u ist der untere, u′ der obere Ueberwallungsrand der Schälblöße. Dieser Ueberwallungsrand, der im Bau dem Ringelwulst der Weinrebe (Taf. VIII, Fig. 1 u) gleicht, ist nicht am ganzen Umfange ausgebildet worden, da ein Theil der Rinde in Lappen l und l′ stehen gelassen worden ist. Auf diesen Lappen hat sich hier und da auf kurze Entfernung von der Ansatzstelle her Neuholz mit Rinde nh gebildet. Die eigentliche Schälblöße des Stammes ist dadurch von jeder Verbindung mit den Ueberwallungsrändern u u′ abgeschnitten worden, daß bei i und i′ das junge Holz rings am Stammumfange sorgfältig abgekratzt und auf diese Weise ein Isolirstreifen hergestellt worden ist. Auf der von jeder Verbindung mit den Rinden- und Splintschichten abgeschnittenen Schälblöße haben sich Neubildungen von Rindenelementen mit Holzanfängen eingestellt, welche keinen zusammenhängenden Mantel bilden, sondern aus einzelnen, inselartigen Gruppen bestehen. Bei andern, vorsichtiger geschälten Stämmen ist die neue Rinde vollkommen gleichmäßig über die Schälblöße ausgebreitet. In der Mitte der Schälblöße ist hier in Fig. 1 eine wellige Zone des Holzkörpers ohne jede Neubildung geblieben. Die neue Produktion b hängt also mit der oberen a gar nicht zusammen; die obere a ist bedeutend dicker. Beiden gemeinsam und bei allen ähnlichen Neubildungen auf anderen Stämmen ebenso deutlich erkennbar ist die von oben nach unten zunehmende Dicke bei jedem einzelnen Gewebestreifen, der in seinem Ansehen durchaus die Erscheinung nachahmt, welche die herabrinnenden Massen einer schlecht brennenden Kerze darstellen. In der That ergießt sich das untere, im Bau dem Ringelwulst gleichende Ende der Neubildung tropfenförmig über die nacktgebliebenen Stellen des Holzkörpers e e; ja an absichtlich schräg erhaltenen Stämmen löst sich die Neubildung, wie bei einer schräg gehaltenen, brennenden Kerze das Paraffin, von der Achse los und wächst, der Schwerkraft folgend, als isolirter Zopf senkrecht abwärts e′.

Um nun zu zeigen, daß die einzelnen, kleinen Inseln, wie solche von Meyen, Th. Hartig u. A. beobachtet worden sind, nicht etwa allein Markstrahlproduktionen sind, ist eine solche inselartige Neubildung auf Taf. X in Fig. 2 im Querschnitt, in Fig. 3 im Längsschnitt dargestellt worden. Fig. 2 H zeigt das alte Holz, dessen Schälfläche tt zum Theil abgestorben ist; nur der mittlere Theil hat sich zu einer neuen Produktion NN angeschickt. Dieselbe fand durch

R rayons médullaires — B jeune bois formé au printemps avant la décortication. Tous les éléments de ce jeune bois, et la partie la plus externe A′ de celui de l'année précédente, ont subi un amincissement dans leur membrane. Les cellules externes des rayons médullaires R ont donné lieu à une multiplication utriculaire, quelquefois abondante, en r. La multiplication commence aussi en l, l′ dans les éléments du tissu ligneux. En g, cette multiplication s'étend à toute la couche de l'année et même aux fibres ligneuses les plus externes A′ de lannée précédente. Les vaisseaux qui existaient primitivement dans la couche de cette année, comme en B, v, on disparu en g.

den von Trécul schon erwähnten zweiten, von seiner in obigem Holzschnitt gegebenen Darstellung abweichenden Prozeß der Neubildung unter den äußersten, stehengebliebenen und vertrocknenden Splintzellen statt.

Die Produktion begann unter Abhebung der äußersten Zellenlage durch die schnell entstehenden Theilprodukte der nächst inneren Splintschicht und zwar sowohl der jungen Holzzellen sammt den Gefäßen, als auch der Markstrahlzellen.

Nach baldiger Umgrenzung der verhältnißmäßig spärlichen Neubildung von parenchymatischem Gewebe r bis p durch die dicker werdende Korkzone k erscheint sehr früh und zwar erst strangweise, dann zusammenhängend die innere Meristemzone, das neue Cambium c bis c, das nun das secundäre Wachsthum des neuen Rindenkörpers übernimmt.

Dadurch unterscheiden sich auch sehr wesentlich die beiden Wachsthumsvorgänge, die bei der Neuberindung von Schälstellen eintreten können. Wenn, wie dies bei umschlossenen, feucht gehaltenen Wunden der Fall ist, die neue Rinde mit mächtiger Callusproduktion unter lange anhaltender Theilung der peripherischen Zellen beginnt (s. d. Holzschnitt Fig. 25) tritt die Bildung der äußeren Korkzone und namentlich die Entstehung der inneren Meristemzone sehr spät ein. Im Gegentheil hiervon zeigen, wie im vorliegenden Falle die der heißen Sommersonne schutzlos ausgesetzten Wundstellen den zweiten Vorgang, indem die äußersten der stehengebliebenen Zellen ihre Außen-Membranen schnell verdicken und dabei zusammensinken und auf diese Weise den nächst inneren Schichten den nöthigen Schutz vor Austrocknung gewähren; hier findet nur geringe Parenchymbildung und sehr baldiges Auftreten der neuen Cambiumzone statt. Es scheint somit, daß **die innere Meristemzone sich in einem Callus um so schneller ausbildet, je schneller sich durch Verkorkung ein genügender Rindendruck herstellt.**

Die nächste Produktion der neuen Cambiumheerde c c besteht in der Anlage isolirter, neuer Gefäßbündelstränge, die, mit einzelnen, kurzen Gefäßzellen g beginnend, mit zunehmendem Alter die Zahl und Größe ihrer Elemente schnell vermehren und so eine keilförmige Gestalt erlangen, welche die anfänglich ungemein breiten Markstrahlregionen m immer mehr verengen, bis Bau und Lagerung der Elemente das normale Stadium des ungeschälten Stammes erreicht haben. Zu jedem Xylemtheil gehört ein Phloemtheil ph, in dessen Nähe zahlreiche Zellen mit oxalsaurem Kalk o auftreten.

Wir sehen, daß das Auftreten der Gefäßbündel in dem parenchymatischen Grundgewebe hier dasselbe wie in dem Ringelwulst ist. So ist es überall, wo eine parenchymatische Grundmasse von größerer Ausdehnung gebildet wird. Durch Querfächerung einer Anzahl zunächst in der Form von der Grundmasse nicht verschiedener oder wenig radial und longitudinal gestreckter Zellen bilden sich Meristemheerde, von denen aus die Anlage dickwandiger Gewebeelemente erfolgt. Bei von Anfang an sehr üppiger, callöser Zellvermehrung können im

Innern der älter werdenden Gewebemassen gleichzeitig zwei parallele Zonen von Meristemsträngen entstehen, die zwei isolirt fortwachsende Holzkörper erzeugen, welche erst bei größerer Dicke mit einander verschmelzen. Die Bildung isolirter Gefäßbündel in der Rinde unserer Bäume ist auch keine außerordentliche Seltenheit, wie bei den Knollenmasern gezeigt werden soll.

Die ersten Vorgänge im Splint des geschälten Kirschstammes erkennen wir in Fig. 3, die einen radialen Längsschnitt aus der Basis der Randparthie von Fig. 2 darstellt. H ist das alte, durch den Schnitt nicht mehr alterirte Holz mit längsmaschigen Netzgefäßen g. In der nach außen folgenden Splintschicht hat der Schnitt schon derartig auf das in der Ausbildung weit vorgeschrittene Gefäß g' gewirkt, daß der Innenraum desselben sich mit Thyllen füllte und diese zu neuer Zellbildung verwendet und zu parenchymatischem Holze umgewandelt wurden. Die neue Holzparenchymlage p besteht nur aus wenigen Zellen und zeigt alsbald die ersten Anfänge dickwandigerer Elemente in Gestalt kurzer, poröser Gefäßzellen gz als erste Produktion der neu gebildeten Cambiumschicht cc. Jede folgende, spätere, aus dem Cambium hervorgegangene Gewebeschicht zeigt schon längere Gefäße; bei h finden wir bereits dünnwandige und noch verkürzte, aber den normalen Holzzellen unverkennbar ähnliche Elemente, denen entsprechend bei s die Weichbastelemente in der Rinde r auftreten; x ist Xylemstrahl, ph Phloemstrahl.

Während im ersten Frühjahr, in welchem sich die Rinde leicht löst, in der Regel am ganzen Stammumfange durch das Abschälen die gleichnamigen Zellen zerrissen werden und somit eine etwaige Wiederberindung, von gleichartigen Elementen ausgehend, auch gleichartig wird, sehen wir zur Zeit der Blattentwicklung bis zum Juni hinein die Schälwunden immer unregelmäßiger werden. Es bleiben an einer Stelle des Holzcylinders mehr Zellgruppen stehen, wie auf einer anderen, und demgemäß sind die Neubildungen verschieden. Es kommt dann vor, daß gefäßführende Stücke des diesjährigen Splintes durch ein darunter entstandenes, callöses Gewebe in die Höhe getrieben werden.

Wenn man die Schälwunden ganz unbedeckt läßt, wird der Eintritt einer Neuberindung in manchen Fällen zweifelhafter; sie gelingt nach meinen Erfahrungen besser im Juli und bei einigen Bäumen im August, wie im April, Mai und Juni. Ahorn und Erle müssen früher geschält werden; zahlreiche Versuche mit diesen Bäumen im August waren sämmtlich ohne Erfolg.

Untersucht man eine Schälwunde, welche in der heißen Mittagstunde bei intensiver Sonnenbeleuchtung gemacht und ohne jeden Schutz gelassen worden ist, nach einigen Stunden (zum Versuche wurden Süßkirschen benutzt), so findet man zunächst die Farbe des ursprünglich weißen Holzcylinders in Gelb übergegangen. Diese Färbung verdankt die Wundfläche vorzugsweise den Markstrahlzellen, deren Wandung sich gebräunt hat.

Die Bräunung ist auf der Südwestseite intensiver, als an der Nordostseite.

Die Markstrahlen kennzeichnen sich leicht dadurch, daß sie sofort nach Entnahme der Rinde, wenn dieselbe das allerjüngste Splintgewebe mitgefaßt hat, über die Schälfläche etwas hervorgewölbt erscheinen. Zum Theil kommt dies von der Art der Ablösung der Rinden- und Splintschichten. Die Ablösungslinie springt in der jungen Splintschicht an den Markstrahlen nach außen vor.

Dieser Umstand deutet darauf hin, daß die Markstrahlzellen in derselben radialen Entfernung von der Mittellinie des Stammes schon fester in ihren Wandungen sind, als die jungen Holzzellen, also in der Entwicklung fortgeschrittener, als die gleichalterigen Zellen des Gefäßbündels sind.

Ein solches Vorauseilen der Markstrahlen wird sie zum Schwellgewebe stempeln, welches dem jungen Holzgewebe in der Richtung des Stammradius Raum schafft.

Zum Theil kommt dieses Hervortreten der Markstrahlgruppen auch durch das in der Regel nach der Schälmanipulation erfolgende, schnellere Hervorwölben ihrer äußeren Wandung her, die (schutzlos) sich sehr schnell verdickt und bräunt. Von der Fläche gesehen, erscheint die Masse der jungen, bloßgelegten Holzzellen und Ersatzfasern von den dunkleren Inseln der Markstrahlzellen durchsetzt.

In den Markstrahl- und jugendlichen Holzzellen, die unmittelbar unter der Wundschicht liegen, vermehrt sich der Zellinhalt; es treten Plasmamassen und später Stärke auf; erstere ballen sich bei Glycerinzusatz zu einzelnen, gelben Kugeln. Unter der äußersten Zellschicht, welche alsbald zusammensinkt und nun einen schützenden Mantel für das darunterliegende, junge Gewebe darstellt, beginnt die Neubildung von Zellen durch Auftreten von Querwandungen. In den Markstrahlzellen, welche auch hierbei in der Regel vorauseilen, wird durch die Neubildung häufig der Markstrahl verbreitert, indem seine seitlichen Zellen sich fächerartig über die angrenzenden Holzzellen auszubreiten suchen. Von der Energie der Zellvermehrung in den jungen Holzzellen und Ersatzfasern hängt nun die Form der Callusbildung ab. Je schneller dieselben ihre Tochterzellen hervorwölben und strecken, um so weniger kommt die fächerartige Anordnung der aus den Markstrahlen gebildeten Calluszellen zu Stande.

Es ist bereits gesagt worden, daß auch die Markstrahlzellen ganz oder theilweis in der Entwicklung zurückbleiben können, und dann legen sich die parenchymatischen, hier nie rundlichen, sondern stets polygonalen Calluszellen, welche aus den Holzfasern hervorgegangen sind, über die Markstrahlgruppen hinüber. In der Regel aber betheiligt sich das gesammte Gewebe gleichmäßig an der Bildung einer schmalen Callusschicht, welche die äußersten, trocknen, gebräunten und festen Zellen vom alten Holze abhebt.

Während bei den in feuchter Luft, unter schützendem Verschluß gehaltenen Schälstellen die Callusbildung durch wucherndes Spitzenwachsthum der einzelnen Zellreihen eine sehr bedeutende ist, erreicht sie hier bei den ungeschützten Schälstellen nur geringe Dimensionen. Unter der vertrockneten, äußeren Zellschicht

tritt alsbald Korkbildung auf, welche nun einen schnürenden, fest schützenden Gürtel für das darunterliegende, junge, ergrünende Gewebe darstellt.

Der Hauptheerd der Zellvermehrung rückt weiter nach dem alten Holze zurück, und man erkennt alsbald eine bestimmte Meristemschicht, die nach innen Holzelemente, nach außen Rindenelemente bildet.

Die neugebildeten Zellen nähern sich allmählich in Form und Anordnung den normalen Elementen der secundären Rinde und des Neuholzes, welche gleichzeitig an den unverletzten Stellen des Stammes unter der normalen Rinde gebildet werden.

Wir sagten oben, daß meist sämmtliche cambiale Elemente an der Bildung der neuen Rinde Theil haben. Wenn die Schälwunde in der Weise hergestellt worden ist, daß junge Rindenzellen die äußersten Lagen des bloßgelegten Holzkörpers darstellen, dann leiten diese zunächst die Callusbildung ein und die eigentliche Cambiumschicht erleidet nur geringe Störungen.

Der Uebergang des Callusgewebes in das normale findet im Allgemeinen in der Weise statt, daß nach Beginn der Korkzellenbildung am Umfange des Callus zunächst tiefer im Innern desselben vereinzelte, kurzzellige Gefäßstränge auftreten. Etwa in derselben radialen Richtung, aber mehr in der Nähe der Randzone, findet man um diese Zeit kurze, dickwandige, schwach poröse, unregelmäßig gestaltete oder auch polygonale Zellen, welche die ersten Spuren einer Bastbildung andeuten. Bei manchen Bäumen finden sich vereinzelt oder bald zu Gruppen vereinigt die ersten Bastelemente in Form von Steinzellennestern. In einer Zone zwischen den Bast- und den Gefäßelementen findet man Zellen mit trüberem, dichterem Inhalt. In diesen treten eine Menge parallelwandiger, in der Richtung der Längsachse des Stammes etwas gestreckter Zellen auf, welche die erste Anlage des neu sich bildenden Cambiums sein dürften. Von diesem Cambium aus entstehen allmählich die langgestreckten Elemente, die sich endlich zu normalen Holz- und Hartbastzellen ausbilden. Nur lange, enge Spiralgefäße scheinen nicht mehr angelegt zu werden.

Mit der Ausbildung dieser spätest erscheinenden, normalen Hartbastzellen dürfte sich die neue Rinde auch in ihrer Funktion der unversehrt gebliebenen angeschlossen haben.

Physiologische Schlußfolgerungen.

Wir können den Punkt der Neuberindung nicht verlassen, ohne einige physiologische Schlußfolgerungen über die sog. Saftbewegung hinzuzufügen, zumal in neuester Zeit dieser Punkt bei der Besprechung von Wundholz von bedeutenden Forschern [1]) in einer von unserer Anschauung abweichenden Weise behandelt worden ist.

---

[1]) de Vries: Ueber Wundholz. Flora 1876, S. 131, sagt: „Ganz im Gegentheil dazu (nämlich zu der Ansicht von einem absteigenden Saftstrome Ref.) darf man die Ursache der Bewegung der Nährstoffe nur in deren Verbrauch beim Wachsthum und in ihrer chemisch physikalischen Veränderung bei der Ablagerung der Reservestoffe suchen."

Mit Recht ist die frühere Ansicht aufzugeben, wonach in der Rinde ein in seiner Zusammensetzung stets gleichbleibender, plastischer Bildungssaft von der beblätterten Krone aus nach der Wurzel aus unbekannten Ursachen hinströmt. Mit Recht ist festzuhalten, daß nicht eine stets gleichbleibende Gesammtmasse, sondern die einzelnen Nährstoffe für sich von Zelle zu Zelle wandern, und zwar aufwärts so gut, wie abwärts wandern, sobald sie an einer Stelle des Pflanzenleibes gebraucht werden. Jede Neubildung wirkt als Anziehungscentrum für die einzelnen Nährstoffe in ihren verschiedenen Verbindungen. Nicht nur die normalen, fortwachsenden Spitzen der Achsen sind solche Anziehungscentren für die Nährstoffe, sondern auch jede Wunde, deren umgebende Zellen eine neue Gewebebildung zur Deckung oder Vernarbung der Wundfläche einleiten.

In welcher Form die Nährstoffe nach den Verbrauchsheerden wandern, ist uns größtentheils noch unbekannt; soviel können wir aber mit Sicherheit annehmen, daß ein großer Theil des Nährmaterials, welches zur Bildung neuer Zellen nothwendig ist, in organischer Form wandert, weil grade die normalen Zellbildungsheerde wie z. B. die Vegetationsspitzen der Knospen und die Zellreihen des Cambiummantels durch ihren Chlorophyllmangel nicht im Stande sind, aus anorganischen Lösungen sich ihr plastisches Material selbst zu bereiten.

Dieses organische Material wird von den Erzeugungsheerden oder den Reservestoffbehältern nach den Verbrauchsstellen grade so wie die einfachen Nährstofflösungen von der Wurzel aus um so reichlicher hinströmen, je größer das Bedürfniß ist. Je größer eine Wunde ist, um so mehr Gewebe wird zur Deckung derselben notwendig sein. Umgekehrt wird ein reicher Nährstoffvorrath auch einen reicheren, lokalen Verbrauch einleiten.

Wenn nun auch in erster Linie das Bedürfniß eines Verbrauchsheerdes als Anstoß für die Wanderungsrichtung der mobilen Baustoffe im Pflanzenkörper gelten darf,[1]) so ist doch in anderer Beziehung die Ansicht von vornherein nicht abzuweisen, daß auch die Schwerkraft auf die Stoffwanderung von Einfluß sein kann.

Es handelt sich also darum, ob wir Erscheinungen am Pflanzenkörper beobachten können, welche ein Abwärtswandern plastischer Stoffe documentiren, ohne daß ein erhöhtes Bedürfniß nachweisbar wäre.

Solche Erscheinungen glaube ich bei der Neubildung von Schälstellen zu finden.

Eine Reihe kräftiger Süßkirschstämme von etwa 5 Jahren wurden auf ein Länge von 20—50 cm im Juli 1872 geschält. Der obere und untere Theil der Schälstelle wurde auf eine Länge von 2—4 cm mit dem Messer

---

[1]) Die Speicherung des Ueberschusses in der Form von Reservestoffen wird nur von der Peripherie aus geschehen. Die Wurzeln können zuerst Reservestärke zeigen. Reichardt: Ueber die Lösungsvorgänge der Reservestoffe 2c. Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. 14, S. 323, cit. in Jahrb. f. Agrikultur-Chemie, Jahr. 13/15, II, S. 155.

abgekratzt, so daß an diesen Stellen der Splint entfernt war. Ein Theil der Stämmchen wurde aus seiner vertikalen Stellung durch Bänder in eine zur Erdoberfläche geneigte gezogen.

Die Neuberindung erfolgte nicht bei allen Exemplaren, bei einigen aber in vorzüglichem Maße. Unter Letzteren zeigten sich Stämmchen, die allseitig neue Rinde gebildet hatten mit Ausnahme der gänzlich abgetrockneten, abgekratzten Stellen in der Nähe des oberen und unteren Schnittrandes. Die neue Rinde stand also außer jeglichem Zusammenhange mit der alten. Die Anfänge hatten sich allseitig zu gleicher Zeit gezeigt. Die Dicke der Neubildung war aber in dem unteren Theil der Schälblöße mehr als doppelt so groß, wie am oberen Theil, ja am unteren Rande war die neue Rinde stellenweise in kurzen, tropfenartig sich verdickenden Streifen auf die abgekratzte, untere Isolirstelle gesunken. Bei einem geneigten Stämmchen hatte sich der Rindenfortsatz von der abgekratzten Stelle abgewendet und nach der Erde hin zu wachsen versucht wie auf Taf. X, Fig. 1 e′.

Bei allen neuberindeten Stämmen war die Basalpartbie des neuen Rindenmantels bedeutend dicker, als die obere Parthie. Ich vermag diese Bildung nur durch den Einfluß der Schwerkraft zu erklären.

Als der Stamm geschält wurde, lag an der ganzen Schälfläche dieselbe Zellenlage bloß. Das Bedürfniß nach neuem Material zur Bildung neuer Zellen war in der ganzen Länge der Schälwunde dasselbe. Die Baustoffe zur Callusbildung konnte eine jede Splintzelle der Oberfläche nur aus sich selbst und ihrer nächsten, im Stammradius liegenden Umgebung erhalten, und demgemäß war die erste Gewebebildung an allen Orten gleich. Erst nach mehreren Wochen ließ sich eine Differenz in der Dicke zu Gunsten der Basalparthie bei jeder Neubildung erkennen. Ich wüßte nicht, weßwegen die untere Region ein größeres Bedürfniß nach plastischem Material haben sollte, als die obere, da der Wundreiz überall derselbe war.

Es bleibt meiner Meinung nach keine andere Annahme übrig, als daß allmählich das neuerzeugte, organische Material, der Schwerkraft folgend, in jeder Zelle zunächst abwärts sank und auf diese Weise ein bevorzugtes Streben erhielt, die Stammbasis zu ernähren. Wir müssen demnach immerhin festhalten, daß bei der Bewegung der Nährstoffe, der rohen sowohl, wie der organisirten im Pflanzenkörper in erster Linie das Bedürfniß der Vegetationsheerde bestimmend sein wird und daß demnach aufwärts wie abwärts in der Stammachse diese Bewegung stattfinden wird, daß aber in dem Augenblicke, wo mehr organisches Baumaterial in der Zelle vorhanden ist, als gebraucht wird, dieses abwärts auch in Folge der Schwerkraft wandert.

Wenn bei Ringelwunden der obere, der Krone näher liegende Wundrand sich stärker verdickt, wie der untere, der einen vollkommen übereinstimmenden

Bau mit dem oberen zeigt und nur in der Menge seiner Elemente zurücksteht, so ist die quantitative Bevorzugung des oberen Wundrandes nur dem reichlicher zuströmenden Material zuzuschreiben; denn die Größe der Wunde und somit die Größe des Reizes ist im ersten Augenblicke der Verwundung in beiden Fällen gleich.

Daß bei Gattungen mit hängenden Zweigen[1]) der der Spitze des Zweiges am nächsten liegende, bei solchen Trauerbäumen aber untere Ringelwundrand sich gradeso wie bei aufrechten Zweigen stärker verdickt, spricht nicht gegen eine Mitwirkung der Schwerkraft. Das die Wanderung des organischen Materials aus der Blattkrone nach der Stammbasis bestimmende Bedürfniß, das vielleicht eine Concentrations-Ausgleichung der Zellsäfte ist, bleibt in erster Linie der maßgebende Faktor, der die Wirkung der Schwerkraft überwindet. Wenn aber das Abfließen des augenblicklich überschüssig vom Laubkörper gebildeten, plastischen Materials nach der baustoffbedürftigen Stammbasis in der Weise erfolgt, daß Schwerkraft- und Concentrationsausgleichung in derselben Richtung stattfinden, dann kann die Erstere zum Ausdruck kommen, indem sie, wie bei den gezeichneten, zopfförmigen Neuberindungen auf Taf. X, Fig. 1 die Bildungen in der Lothlinie bevorzugt.

Wie maßgebend für die Stärke einer Neubildung aber auch die Größe der Nährstoffzufuhr ist, sehen wir an den Ueberwallungsrändern quer abgeschnittener Aeste, in deren Nähe eine beblätterter Zweig sich befindet. Die Seite, auf welcher der Zweig steht, zeigt den stärksten Ueberwallungsrand, ja, wenn der Zweig über eine gewisse Grenze hinaus von der Wunde entfernt ist, zeigt sich an derselben überhaupt nur noch auf derjenigen Seite ein Ueberwallungswulst, auf welcher der Zweig steht, während der übrige Theil des Wundrandes zusammentrocknet. Plastisches Material kann in den Bäumen nur auf verhältnißmäßig kurze Strecken nach oben geleitet werden.

Lebensdauer geschälter Stämme.

Wenn einerseits durch die obigen Schälversuche bewiesen ist, daß der Baum außerordentlich große Wunden ausheilen kann, so fehlt es andererseits auch nicht an Beispielen großer Langlebigkeit bei Bäumen, deren Rindenkörper nicht ersetzt worden war und deren bloßliegender Holzkörper in Folge dessen alljährlich immer tiefer der Zerstörung anheimfiel.

Das bedeutendste Beispiel liefert Trécul[2]) durch die Beschreibung der Linde von Fontainebleau. Er giebt diese Beschreibung und eine

[1]) Th. Hartig: Ueber die Bewegung des Saftes in den Holzpflanzen. Bot. Zeit. 1862, Nr. 11, S. 81.

[2]) M. A. Trécul: L'influence des cortications annulaires sur la vegetation des arbres dicotyledones. Annales d. scienc. nat., IV. Serie, t. III, Botanique 1855, S. 341.

Reihe Beobachtungen an andern, künstlich entrindeten Bäumen, um eine Entscheidung in der Frage herbeizuführen, ob die Stämme, welche ringförmig auf größere oder kleinere Ausdehnung entrindet sind und sich nicht wieder neu berindet haben, nach kürzerer oder längerer Zeit zu Grunde gehen.

Duhamel[1]) spricht sich in dieser Beziehung dahin aus, daß der Baum mit unbedeckt bleibender Schälwunde allmählich (zuweilen erst nach 4 Jahren) zu Grunde gehe.

Eine bestätigende Wahrnehmung citirt Trécul von Magnol[2]) aus dem Jahre 1709. In Languedoc sollen nämlich die Oliven im Monat Mai zur Zeit der Saftfülle am Stamm und den starken Aesten oculirt oder in die Rinde gepfropft werden (enter en écusson). Man schält dann einen horizontalen Rindenstreifen von 3—4 Finger Länge rings um den Stamm und die Aeste ein wenig oberhalb der Veredlungsstelle ab. Der Baum verliert dadurch nicht seine Blätter und trägt im Jahre der Verletzung doppelt so reichlich Blüthen und Früchte; aber die Zweige sterben endlich oberhalb der Schälstelle ab.

Aehnliche Erscheinungen sind den Baumzüchtern zur Genüge bekannt.

Diesen Erfahrungen entgegenstehend sind die Beobachtungen über die Erhaltung derartig beschädigter Stämme.

So theilte Parent im Jahre 1709 der Akademie folgende Beobachtung mit: Eine Rüster in den Tuilerien, welche bei Beginn des Frühjahrs 1708 in ihrer ganzen Höhe der Rinde beraubt wurde, entwickelte trotzdem ihre Blätter, wenn auch etwas weniger kräftig, und behielt sie den ganzen Somme über.

Einen ähnlichen Fall erzählt Richard in der Sitzung der Akademie vom 11. Mai 1852 als etwas ganz Außergewöhnliches, da in der größten Zahl der Fälle die Bäume nach solchen Beschädigungen alsbald sterben.

Diesen letzteren Ausspruch bestreitet Gaudichaud (Compt. rend. vom 31. Mai 1852), indem er auf Bäume in St. Cloud, im Luxembourg und in Fontainebleau hinweist, welche nach solchen Verletzungen noch eine große Anzahl von Jahren gelebt haben, obgleich die Oberfläche des entblößten Stammes schon theilweis zerstört war.

Derselbe Botaniker kommt in der Sitzung der Akademie vom 7. März 1853 auf diesen Punkt zurück und führt nun die Linde von Fontainebleau an. Nach Trécul ist dieser Baum gegen das Jahr 1780 gepflanzt und 1810 sehr unregelmäßig durch Erdkarren entrindet worden. Die entrindete Stelle war auf der Nordseite 32 cm lang und begann 57 cm oberhalb des Bodens; dagegen maß sie auf der Südseite 4 m und 5 cm und begann gleich an der

---

[1]) Physique des arbres II, p. 46.
[2]) L'Histoire de l'Academie 1709, p. 50.

Bodenoberfläche. Die Entrindung war am ganzen Stammumfange eingetreten, und trotz dessen hatte der Baum noch 44 Jahre gelebt (er ist im Jahre 1854 gestorben); der Durchmesser oberhalb der Wundstelle betrug 20 cm, unterhalb derselben 18 cm. Die Oberfläche des entrindeten Holzkörpers, der in der Mitte der Wundstelle am meisten Substanz durch die Erdkarren verloren hatte und dort nur einen größeren Durchmesser von 10 cm und einen kleineren von $5^1/_2$ cm besaß, war gänzlich wurmstichig und vertrocknet. Nach Entfernung des todten Holzmantels ergab sich die lebendig gebliebene, centrale Parthie nur noch von $2^1/_2$ cm Dicke; sie war sehr saftreich und machte den Eindruck jungen Holzes. Durch diesen schmalen Cylinder mußte fast die ganze Wurzelnahrung für den Gipfel des alten Baumes aufwärts wandern und doch entwickelte sich derselbe im Jahre der Beobachtung, also am 29. März 1853, ganz ebenso früh, war ebenso reich mit Blättern und Blüthen versehen, wie die andern Linden. Nur entlaubte sich der Baum, der übrigens an seiner Basis eine Anzahl 5—6 cm dicker, reich verzweigter und belaubter Schossen getrieben hatte, schon im August.

Diesen Schossen schreibt Trécul die Erhaltung des unter der Entrindung liegenden, basalen Stammtheiles zu; sie bereiten ihm das plastische Material, das ein normaler Stamm durch den Rindenkörper aus der Baumkrone empfängt.

Einen analogen Vorgang bei einem Birnenaste, der nahe seiner Ursprungsstelle vollständig der Rinde und des Splintes beraubt worden war und dennoch mehrere Jahre fortgelebt hat, beschreibt Lindley.[1])

Diese und ähnliche Fälle vom Fortleben stark entrindeter Bäume, deren Wunden sich nicht neu berindet haben, erklären sich nun folgendermaßen. Der oberhalb der Wunde liegende, belaubte Theil bedarf des Wassers, der rohen Bodenlösung; diese wird ihm durch den lebendiggebliebenen, centralen Cylinder des alten Holzes unter den von der Witterung getödteten, äußeren Schichten, (die allerdings wohl etwas unterstützend betreffs der Wasserleitung wirken), zugeführt. Das plastische Material erarbeitet sich nun die Baumkrone selbst. Der Ueberschuß der organisirten Bildungsstoffe geht im Stamm (hauptsächlich durch den Rindenkörper) abwärts, das Cambium ernährend und in den Markstrahlen, sowie in dem Markkörper sich speichernd. Da aber an der Wundstelle rings am Stammumfange die leitenden Gewebe fehlen, bleibt das plastische Material im Wesentlichen oberhalb der Wundstelle zurück, und der basale Stammtheil würde ohne Ernährung resp. Neuproduktion bleiben. Der Baum stürbe dann durch Verarmung des unterhalb der Schälstelle liegenden Stammtheiles.

Wenn dagegen, wie bei der Linde von Fontainebleau, starke, reichbeblätterte Schossen aus der Stammbasis entspringen, dann übernehmen dieselben durch ihren Blattapparat die Bereitung der organischen Substanz, die zur Erhaltung

[1]) Gardener's Chronicle v. 13. Nov. 1852, p. 726.

des basalen Stammstückes und namentlich der Wurzel nothwendig ist. Dann lebt auf diese Weise gleichsam die Baumkrone für sich und die Basis ebenfalls.

Diese Erklärung setzt zweierlei voraus, nämlich erstens die Möglichkeit der Entfaltung und Erhaltung der Blattkrone eines von dem Einfluß des Wurzeldruckes unabhängigen oder doch so gut wie ganz unabhängigen, oberirdischen Achsentheils, und zweitens die Leitung der von den an der Stammbasis entsprungenen Trieben erarbeiteten, plastischen Nahrung aufwärts in den Stammkörper bis zur Entrindungsstelle.

Als Beweis für den ersten Punkt führt Trécul zwei absichtlich ringförmig entrindete Paulownien an. Bei Beiden starb in dem der Entrindung folgenden Winter die unterhalb der Schälwunde liegende Stammparthie sammt den Wurzeln ab. Auch die Zweige der oberirdischen Achse waren erfroren, und trotzdem entwickelte das Cambium im Frühjahr an dem über der Schälstelle liegenden Stammtheile einen neuen Jahresring. Knospen waren zur Zeit, als die Produktion des neuen Jahresringes eintrat, nicht entwickelt; erst später (im Juni) erschienen aus den Astbasen einzelne schwache Triebe aus Adventivaugen. Man muß daher annehmen, daß diese Produktion allein auf Kosten der in dem oberen Stammtheile befindlichen Reservenahrung stattgefunden hat; auch das Wasser wird während des Winters schon im Stamm gespeichert worden sein, denn es läßt sich kaum annehmen, daß das ganze, im Sommer nöthige Wasser durch das todte Gewebe der Stammbasis von dem oberen Stammtheil emporgehoben worden ist, obgleich andererseits nach meinen Beobachtungen an todten Wurzeln man die Dienstbarkeit des todten Gewebes für die Wasserleitung als feststehenden Faktor überall mit in Rechnung zu ziehen hat.

Weitere Experimente mit vollständiger Entrindung eines Stammtheiles stellte Trécul bei Ulme, Roßkastanie, Linde, Nußbaum, Ahorn, Akazie und Gleditschie an. Dabei bestätigte sich zunächst die schon von Duhamel gemachte Beobachtung des verfrühten Entlaubens (mindestens im zweiten Jahre) der geschälten Stämme.

Nußbaum und Kastanie starben zuerst; sie belaubten sich und blühten im ersten Jahre wie gewöhnlich; im zweiten ließen sie die Blätter gegen Ende Juli fallen. Manchmal vertrockneten auch die Blätter plötzlich, als ob sie verbrannt wären, welche Erscheinung auch schon Gaudichaud (Organographie, p. 21) bei seinen Schälstämmen beobachtete. Der Tod begann mit einem Vertrocknen der jungen Zweige vom Gipfel aus abwärts. Die andern Bäume lebten einige Jahre länger, zeigten aber allmählich dieselben Erscheinungen; sie wurden übrigens vor ihrem gänzlichen Absterben entfernt. Bei ihnen war die Entrindung in der ersten Hälfte des April, vor Streckung der Knospen, ausgeführt worden.

Aehnliche Experimente im Juni vorgenommen, ergaben andere Resultate. Eine um diese Zeit schraubig geschälte Robinie, welche schon Triebe von 75

bis 100 cm gemacht hatte, ließ ihre jungen Zweige sofort welkend hängen; nach einigen Tagen waren sie vertrocknet. Der Stamm entwickelte darauf im August neue Triebe, zuerst in der oberen Parthie nahe dem früher gestutzten Gipfel; dieselben starben im September; darauf entwickelte die untere Stammhälfte kräftige Adventivsprossen. Der Stammgipfel starb später ab.

Die ringförmig geschälten Paulownien ergaben gleichsinnige Resultate; eine derselben entwickelte nach der Verwundung Triebe an der Stammbasis, welche in Folge dessen lebendig blieb, während sie bei den andern abstarb.

Th. Hartig sah eine ringförmig geschälte Linde auch noch 9 Jahre nach der Operation leben und in ihrer Fruchtbarkeit sogar vermehrt.[1])

Hofgärtner Reinecken in Greiz berichtet über einen 10 cm starken Ulmenpfröpfling, der mit seiner Unterlage seit 6 Jahren nicht durch die Rinde, sondern nur durch das Holz in Verbindung geblieben. Garteninspektor Roth in Muskau sah ferner eine $^3/_4$ m starke Rothbuche von 25 Fuß Höhe, welche während ihrer 45 jährigen Lebenszeit mit dem Mutterstamm niemals durch die Rinde (wie Göppert angiebt), sondern nur durch die Holzlagen in Verbindung gewesen ist, und dennoch kräftig wuchs; sie wurde schließlich durch den Wind abgebrochen. Im botanischen Garten zu Breslau blühte alljährlich eine 14 m hohe und $^1/_8$ m dicke Linde, die in einer Länge von $^1/_8$ m gänzlich und sorgfältig im Jahre 1870 entrindet worden und oberhalb der Schälstelle nur in den ersten zwei Jahren eine Ueberwallungsschicht von kaum 2 cm Länge getrieben hatte.[2])

Daß sich bei Wurzeln dieselben Vorgänge einstellen wie bei den Stämmen, geht aus einem Beispiel, das Magnus[3]) angiebt, hervor. Bei einer Mohrrübe war die äußere Rinde in der Länge von 7,5 cm und einer Breite von 3,5 cm durch eine Verletzung abgelöst worden. Aus der klaffenden Oeffnung kamen 3 starke Wülste heraus. Der Querschnitt zeigte, daß die Wülste aus dem regenerirten Cambium der Wundstelle hervorgegangen waren.

Praktische Ergebnisse.

Aus diesen Experimenten lassen sich folgende Resultate ableiten.

Ein Baum der ringsum geschält ist und seine Schälstelle nicht neuberindet, stirbt früher oder später an seiner oberen Parthie ab. Diese obere Parthie kann noch längere Zeit nach der Operation lebendig bleiben, wenn die Stammbasis Adventivsprosse entwickelt, und wenn ein Theil des Holzcylinders an der Schälstelle noch lebendig bleibt, um die Leitung der rohen Bodenlösung von der

---

[1]) Th. Hartig: Folgen der Ringelung an einer Linde. Bot. Zeit. 1863, S. 286.

[2]) Göppert: Ueber das Saftsteigen in unsern Bäumen. 57. Jahresb. d. Schles. Ges. f. vaterl. Cultur 1880, S. 293.

[3]) Magnus: Ueber die Regeneration der Schälwunde einer Wurzel. Sitzungsber. d. Bot. Ver. d. Prov. Brandenb., XXI.

Stammbasis nach oben zu übernehmen. Je dicker also der Stamm, je geringer die Fortschritte der Zerstörung der äußeren Holzlagen an der Schälstelle, desto länger kann sich der Stamm erhalten.

Die im ersten Frühjahr operirten Bäume zeigen keine Störung in der Produktion im ersten Jahre; tritt das Schälen im Mai und Juni, nachdem der Baum durch die neuen Produktionen schon erschöpft ist und von ihnen noch wenig zurückerhalten hat, ein,[1]) (denn die wesentliche Ablagerung der Reservestärke beginnt in der Regel erst im Juni und bei spät sich belaubenden Bäumen findet dieser Speicherungsvorgang noch etwas später statt), dann stirbt die über der Schälstelle befindliche Stammpartie meist in demselben Jahre. Bei den am ganzen Stammumfange geschälten Bäumen vertrocknen die Blätter, wenn nicht im ersten, so doch im zweiten oder dem folgenden Jahre schon im Juli oder August. Das Absterben des Baumes beginnt mit dem Tode der obersten Zweige, während welcher Zeit die unteren Aeste noch Adventivsprossen entwickeln, die aber schließlich auch zu Grunde gehen.

Auch auf den durch den Schälprozeß hervorgerufenen Neubildungen können Adventivknospen entstehen und ebenso Adventivwurzeln. Daß auf allen Organen adventive Knospen vorkommen können, findet sich durch Beispiele bei dem Capitel der Maserbildung belegt. Die Adventivknospen auf der Neurinde der Schälstelle an unsern Obstbäumen sind keineswegs selten.

Verhältnißmäßig seltener zur Beobachtung gelangen neue Knospen auf abgelösten Rindenlappen, wie solche von Trécul bei der Ulme beobachtet worden sind. Die Anwesenheit des Laubes ist dazu nicht immer nothwendig, ebenso wenig wie bei der Bildung des neuen Holzkörpers auf dem Rindenlappen, oder bei Entstehung der Neurinde auf der Schälblöße des Stammes, oder bei der Adventivwurzelbildung. Bekanntlich entstehen ja auch die ersten neuen Holzelemente aus dem normalen Cambiumringe vor der Entfaltung der Blätter. An den Ringelwülsten zeigt sich vorzugsweise ein Erscheinen von Adventivwurzeln, die bei solchen Bäumen, welche leicht Adventivknospen erzeugen, wie bei der Ulme, vor diesen Letzteren auch auftreten.

Schon früher ist erwähnt worden, daß dieses Hervorlocken der Wurzeln durch Ringelung von den Gärtnern benutzt worden ist, um schwierige Stecklinge zum Anwachsen zu bringen (la marcotte par circoncision).

Die Ausbildung der Adventivwurzeln wurde von Trécul bei Gleditschia beschrieben. Die Wurzeln entwickelten sich horizontal und gingen quer durch die Rinde, welche sie zerrissen. Der Wundrand, der, analog dem oben beschriebenen Ringelwulst des Weines, zunächst keine prosenchymatischen Zellelemente besitzt, sondern bei welchem die zarter als die normalen erscheinenden Gefäße zerstreut in kurzen, parenchymatischen, stärkereichen Holzelementen liegen,

[1]) Annales des sciences, 3. serie, t. XX.

sendet bei Gleditschia aus der in diesem Gewebe verlaufenden Cambiumzone die jungen die Rinde durchbrechenden Wurzeln.

Die Knospenentwicklung auf neubeholzten Rindenlappen, die nur an einer Seite noch mit der unverletzten Rinde zusammenhängen, erfolgt in verschiedenen Altersstadien der Neuholzbildung. Wenn dieselben schon entstehen, sagt Trécul, bevor sich ein Holzring um das im Rindenlappen als centrale Zone der Länge nach verlaufende, mit Gefäßen durchzogene, einem Markkörper ähnliche Parenchym gebildet hat, dann verlängert sich die centrale Zone direkt in den Markkörper der jungen Knospe.

Wenn solche Knospen, nachdem sie einige Zeit gelebt haben, abortiren, dann fährt ihr Holzkörper, um den sich die ursprüngliche Cambiumzone fortsetzt, dennoch fort zu wachsen und giebt Veranlassung zur Bildung eines holzigen Hökers oder, bei Anwesenheit vieler eng zusammenstehender, derartiger Knospen, zur Bildung einer Maser.

Entsteht die Knospe erst nach Ausbildung eines regulären Holzmantels, sah sie Trécul nur von dessen Cambiumschicht aus sich bilden.

Die Knospen brechen aus der neugebildeten, nach dem alten Holzkörper hingewendeten Rinde hervor. Man sieht dann kleine, zellige Erhabenheiten, welche sich mit einer verschieden großen Menge von winzigen, knolligen, mit steifen, konischen, einzelligen Haaren besetzten Warzen bedeckt haben. Jeder dieser knolligen Vorsprünge enthält eine Knospe. Während sich äußerlich diese Auftreibungen zeigen, bildet sich im Innern ein Fibrovasalkörper aus. Er entsteht zunächst in Form eines welligen, zarten Zellenstranges, der von der Cambiumschicht aus gegen die Knospenbasis vorrückt. Anfangs einfach, theilt sich dieser Strang innerhalb der Rindenauftreibung in so viel Aeste, als Knospen vorhanden sind (manchmal 7—8 auf demselben Rindenhöker). Die Ausbildung des Holzkörpers dieses Stranges erfolgt von seiner auf dem Hauptcambiummantel aufsitzenden Basis aus.

Soweit Trécul's Beobachtungen über diesen Punkt.

Bei Verwendung der hier gegebenen Untersuchungsresultate in der Praxis ist zu betonen, daß die verschiedenen Baumarten in sehr verschiedenem Grade gegen das Schälen empfindlich sind. Am leichtesten vertragen schnellwüchsige Laubhölzer derartige tiefgehende Verwundungen. Ueber das Verhalten der Nadelhölzer liegen genügende Erfahrungen noch nicht vor. Hartig[1]) fand keine Neubildung von Rinde an der Schälstelle und sah das Aststück unterhalb der Schälstelle bis zum nächstunteren Aste in schönen „Speckkiehn" verwandelt; ebenso wenig konnte Stoll[2]) diesen Heilungsprozeß wahrnehmen; er giebt jedoch an, daß Nördlinger eine Neubildung beobachtet, aber dabei die Meinung

[1]) Folgen der Ringelnng an Nadelholz-Aesten. Bot. Zeit. 1863, S. 282.

[2]) Ueber Ringelnng. Wiener Obst- u. Gartenzeitung 1876, S. 167.

geäußert habe, daß die neugebildete Rinde nicht im Stande sei, den absteigenden Saftstrom zu leiten.

Von Monocotylebonen giebt Stoll an, daß er bei Dracaenen, die er im Gewächshause ihrer Rinde beraubt habe, eine Vernarbung der Wundfläche gefunden habe.

Ich habe diesen Vorgängen der Wundheilung eine so eingehende Besprechung gewidmet, weil ich damit die Prinzipien der hauptsächlichsten in der Praxis vorkommenden Verwundungen berührt habe.

Denken wir uns einen Ast an der Stelle, an der er geringelt worden ist, gänzlich durchgeschnitten, dann wird sich der Ringelwulst als schneckenförmig gekrümmter Ueberwallungsrand der Schnittfläche darstellen und wir haben damit einen Begriff von dem Baue der nach jeder Astentfernung eintretenden Ueberwallung. Denken wir uns den mit üppigem Spitzenwachsthum des Callusrandes beginnenden Ueberwallungsrand an einem mit der Schnittfläche in feuchte Erde gesteckten Zweigende über den Holzkörper sich weglagernd, so haben wir einen Begriff von dem Wesentlichsten des Stecklingscallus. Ueber die durch Feuchtigkeit und Dunkelheit hervorgerufenen Modifikationen, sowie über die Aenderungen im Bau bei krautartigen Stecklingen wird dann bei der speziellen Besprechung des Gegenstandes das Weitere gesagt werden. Ebenso gelten die bei den Ringel- und Schälwunden erkannten Prinzipien für die Vorgänge bei der Veredlung.

Wir können somit jetzt übergehen zur Anwendung der oben dargestellten wissenschaftlichen Ergebnisse auf die

f) Bei der praktischen Baumkultur vorkommende Wundencombinationen.[1])

Bei Besprechung der einzelnen, in der Praxis vorkommenden Fälle von Verwundungen, die wir unter dem Namen des „Kulturschnittes" zusammenfassen möchten, ist die genaue Angabe des technischen Verfahrens ausgeschlossen. Dies ist Sache der gärtnerischen Praxis. Hier sollen nur die Prinzipien, welche im Vorhergehenden im Allgemeinen entwickelt worden, auf die Einzelfälle angewendet werden.

Mit geringen Ausnahmen, die anhangsweise bei den einzelnen Capiteln herangezogen werden sollen, bestehen die sämmtlichen Manipulationen des Kulturschnittes der oberirdischen Achse in der Entfernung einzelner Theile zu Gunsten einer Neubildung oder Kräftigung anderer.

[1]) Da der Baumschnitt durch die französischen Gärtner besonders gepflegt und ausgebildet worden ist und die von diesen Züchtern aufgestellten Regeln in Deutschland und den andern Kulturländern angenommen worden sind, so wird im Folgenden auf die französische Bezeichnung der Manipulationen vielfach Rücksicht genommen werden.

Die Folgen eines Schnittes sind verschieden, je nach dem Alter der Achse, an der die Operation ausgeführt wird und je nach der Jahreszeit. Bei Bäumen, welche vom Samen aus schulgerecht gezogen worden sind, beschränkt sich der Schnitt vorzugsweise auf die diesjährigen und vorjährigen Zweige, und die Natur dieser Zweige haben wir vor allen Dingen im Auge zu behalten. Wir haben uns zu erinnern, daß der Zweig die Wiederholung der Hauptachse in einer spätern Generation ist. Wichtig ist dabei, zu bedenken, daß ein jeder Zweig aus ungleichwerthigen Gliedern zusammengesetzt ist. Als Glied oder Internodium ist jeder Zweigtheil zwischen zwei Augen anzusprechen.

Die Ungleichwerthigkeit der Internodien dokumentirt sich dadurch, daß der Zweig an seiner Ursprungsstelle, dem späteren „Astringe", fast immer kurze Glieder besitzt. Die von der Markkrone nach den Blättern resp. dem Blattkissen hin austretenden, in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle zu dreien erscheinenden Gefäßbündel, welche für jedes Blatt schon (je nach der Blattstellung) mehrere Knoten unterhalb ihrer Austrittsstelle entspringen, verlaufen bei diesen gehäuften, unteren Gliedern um so wagrechter, je dichter die Blätter und Augen tragenden Knoten aneinander gestellt sind. Der Bruch des Zweiges ist in dieser Region am leichtesten. Je höher nun an dem Zweige die Internodien stehen, desto größer ist ihre Streckung, desto wasserreicher ist ihre Substanz.

Die Ausbildung des Zweiggliedes ist aber anfangs abhängig von dem nächsthöheren Blatte, das ja mit seinen Gefäßbündeln dem darunter liegenden Internodium einverleibt ist; in späterer Zeit wird die Weiterbildung des Internodiums von dem Auge (Knospe) dieser Blattachsel und der aus demselben hervorgehenden Produktion abhängig.

Auch die Ausbildung des Auges hängt wesentlich mit der Größe des Blattes zusammen, in dessen Achsel es ruht. An wachsenden, durch künstliche Eingriffe nicht gestörten Zweigen sehen wir an der Basis dicht übereinanderstehende Blättchen von sehr geringer Größe, fast schuppenförmigem Charakter und großer Hinfälligkeit. Je höher am Zweige, desto kräftiger die Blätter, desto größer die Augen, bis kurz unterhalb der Spitze die Dimensionen häufig wieder etwas geringer werden.

Der Blattausbildung entsprechend sind die Basalaugen eines Zweiges schwach, wenig hervortretend, dicht bei einander stehend, zur ferneren Entwicklung ungeneigt. Die höheren Augen sind kräftiger und zur Fortentwicklung leicht anregbar. Diese Verhältnisse finden sich später eingehender bei der Maserbildung erörtert.

Die Art und Weise der Fortentwicklung eines Auges zum Zweige ist wesentlich bedingt durch die Wasserzufuhr aus dem Stamme. Starke Wasserzufuhr veranlaßt größere Zellstreckung.

Die Wasserzufuhr ist in erster Linie unter sonst gleich gedachten Vegetations-

bedingungen abhängig von der Ausbildung des Wurzelapparates. Je reicher dieser Saugapparat entwickelt, desto stärker der durch ihn eingeleitete, als „Wurzeldruck“ bekannte Einfluß auf den Stamm. Der Wurzeldruck, resp. der Wasserzudrang wird um so energischer sein, auf je weniger Augen sich derselbe zu vertheilen hat.

Der Baum wird entweder im unbelaubten, ruhenden Zustande (taille en sec) oder während der Vegetationszeit, im belaubten, meist krautartigem Zustande seiner Zweige geschnitten (taille en verte).

Schnitt im unbelaubten Zustande.

Erziehung des Stammes.

Der Schnitt im unbelaubten Zustande wird zunächst bei den Schulbäumen zur Erzielung des Stammes angewendet. Er besteht in einem jährlichen Kürzen der Hauptachse unter allmählich von unten beginnendem Entfernen der Seitenäste bis zu der Höhe, in der die Bildung der Baumkrone beabsichtigt wird. Auch der sich selbst überlassene, junge Baum bildet allmählich einen Stamm, der sich seiner Nebenäste langsam durch Vertrocknen entledigt. Das Vertrocknen erfolgt durch die überwiegende Ausbildung der Krone. Diese „Reinigung des Stammes“ ist unregelmäßig und langsam; der Stamm wird häufig verkrümmt, die Kronenbildung erfolgt unvollständig oder in ungeeigneter Höhe.

Die früher angewendete Kulturmethode bestand in der künstlichen Entfernung der Seitenknospen des jugendlichen Stammes zu Gunsten der unbeirrt weiter wachsenden Gipfelknospe. Der Erfolg dieses Schnittes war die Herstellung einer schnell emporgeschossenen, schwachen, sich nicht selbst tragenden und daher von einem Pfahl zu stützenden Achse. Die Zeit, welche man durch das schnelle Hinanftreiben des Stammes bis zur Kronenhöhe gewann, wurde verloren durch die langsamere Heranbildung einer kräftigen Krone. Die Kapitalsersparniß, die man zu erhalten glaubte durch die schnellere Fertigstellung des Baumes in der Schule und demgemäß durch die öftere Ausnutzung des Baumschullandes, wurde aufgewogen durch die Ausgaben für Pfähle zu den Stämmen und die Arbeit des Pfählens und Anbindens.

Die jetzige Kulturmethode hält die Mitte zwischen dem natürlichen Entwicklungsmodus und dem früheren, künstlich hervorgerufenen. Die Gipfelknospe und die derselben zunächst liegenden Augen werden durch Abschneiden des oberen Stammdrittels entfernt. Da die Gipfelknospen am kräftigsten ausgebildet und am leichtesten erregbar sind, wird durch diesen Schnitt das Austreiben des Baumes verzögert, was in Gegenden mit Spätfrösten noch besonders vortheilhaft erscheint. Es wird ferner der Wasserdruck im Innern der Pflanze auf eine geringere Anzahl von Knospen vertheilt, mithin die Zufuhr zur einzelnen Knospe erhöht. Diejenigen Seitenknospen, welche bei ungehin-

dertem Fortwachsen des Gipfeltriebes ruhend geblieben wären, kommen nun zur Ausbildung und entwickeln sich zu beblätterten Zweigen. Die Blattmasse wird dadurch an den Seiten des stehengebliebenen Stammtheiles erhöht, die Produkte der Blattarbeit zu Gunsten der Achse vermehrt.

Das Produkt der Blattarbeit ist das plastische Material, das zur Ausbildung des Holzringes Verwendung findet. Je mehr Blätter, desto größere Zufuhr von plastischem Material zum Cambiumringe, desto reichlicher die Zelltheilung desselben, also die Verdickung des Stammes. Der Stamm wird durch dieses alljährliche Zurückschneiden derartig gekräftigt, daß er sich selbst zu tragen im Stande ist. Die nach dem Schnitt verbleibende, oberste Seitenknospe, deren Anlage am ausgebildetsten, wird, da der Wasserauftrieb in der Richtung der Senkrechten am leichtesten und schnellsten erfolgt und sich an den jüngsten Organen am schnellsten geltend macht, die andern Knospen an Kräftigkeit der Entwicklung übertreffen und die Fortsetzung der Hauptachse bilden. In dem Maße, als der Stamm an Höhe zunimmt, werden alljährlich die unteren Seitenzweige des vorigen Jahres gestutzt und die von früheren Jahren stehengebliebenen Stutzen dicht an der Achse fortgeschnitten.

Diese Erziehung eines jungen Stammes wird also rationell zu nennen sein, wenn der Nachweis geliefert werden kann, daß die durch den Schnitt veranlaßten Wunden unschädlich für das Leben des Baumes sind.

Im Allgemeinen gilt bei Wunden das Gesetz, daß sie um so leichter überwallen, je weniger zahlreich sie sind, je geringer ihre Ausdehnung, je mehr sie in der Richtung der Senkrechten liegen, je größer die Betheiligung des Cambiumringes an der Wundfläche und je mehr Blattapparat über ihnen vorhanden ist.

Die durch das endlich erfolgende, glatte Wegschneiden der Seitenzweige an der Hauptachse hervorgebrachten Wundflächen befinden sich ihrer Größe, Anzahl und Lage nach in den günstigsten Verhältnissen.

Etwas weniger günstig verhält sich die Schnittfläche an der Stammspitze; sie ist erstens nie senkrecht, sondern um so mehr der Horizontalen genähert, je kürzer sie ist; ferner besitzt sie über sich keinen Blattapparat, der Material zur Ueberwallung herbeischaffen könnte. Je größer die Abweichung einer Schnittfläche von der senkrechten Richtung ist, desto eher ist die Möglichkeit gegeben, daß sich auf der Schnittfläche atmosphärisches Wasser ansammelt, das zu Fäulnißerscheinungen Veranlassung geben könnte. Diese Gefahr aber ist hier in diesem Falle nicht zu berücksichtigen, weil die Wunde bei ihrer Kleinheit zu schnell überwallt wird. Gleichviel, wann der Schnitt ausgeführt wird, ob im Herbst oder im Frühjahr bei der Pflanzung, so zeigen sich die ersten Anfänge der Ueberwallung und der Schluß der Wunde durch Kork doch sehr bald. Das zweite Bedenken, daß über der Wundstelle kein Blattapparat zur Beschaffung von Vernarbungsmaterial da ist, fällt bei der von der Praxis fast allgemein

befolgten Regel, dicht über einem Auge zu schneiden, auch weg. Das am höchsten stehende, am schnellsten sich zum Zweige entwickelnde Seitenauge liefert durch seine neu und reichlich gebildeten Blätter die nöthige, plastische Substanz, die, nachdem sie zur Verstärkung des Holzringes im jungen Zweige selbst beigetragen, in ihren nicht dazu verbrauchten Resten nach der Hauptachse zurückwandert. Da die Schnittfläche in gleicher Höhe mit der Basis dieses obersten Seitenzweiges liegt, so liefert die hierher von dessen Spitze herabkommende plastische Substanz gleichzeitig das Vernarbungsmaterial.

Der Fall, daß die Schnittfläche nicht verheilt, tritt nur dann ein, wenn die Achse weit über einem Auge abgeschnitten ist. Es fehlt dann der Schnittfläche ein das Wasser und die darin gelösten, rohen Nährstoffe energisch heranziehender Wachsthumsheerd, nämlich eine benachbarte Knospe und die aus ihr hervorgehenden, das Material zur Vernarbung liefernden Blätter.

In Folge dessen trocknet meist der Zweig von der Schnittfläche aus bis in die Nähe der nächsten Knospe zurück, und hier bildet sich die Ueberwallung im Innern des Zweiges, wie auf S. 541 angegeben und auf Taf. VII, Fig. 4 und 6 dargestellt ist. Fäulnißvorgänge, die rückwärts sich in der Achse fortpflanzen und geeignet sind, später die Existenz des Stammes zu bedrohen, sah ich nur in seltenen Fällen; solche seltene Ausnahmen sind übrigens auch bei dem Schneiden dicht über einem Auge nicht ausgeschlossen.

Im Allgemeinen gefährden diese Wunden die Achse nicht und bilden somit kein Hinderniß für die Ausübung des oben erwähnten Schnittes.

Erziehung und Regulirung der Krone.

Die Ausbildung der Krone eines Obstbaumes hängt zunächst von der Varietät ab. Es giebt Varietäten, deren Zweige stets gekrümmt, andere, deren Zweige gerade und kurz, dafür aber leicht zum Fruchtansatz geneigt sind; wiederum bei andern Varietäten herrscht das Streben vor, äußerst lange, kräftige Triebe, aber keine Fruchtzweige zu entwickeln u. s. w. Aehnliche Erscheinungen werden durch Boden und Klima hervorgerufen.

Der Schnitt soll diese, in Rücksicht auf den Kulturzweck als Bildungsfehler zu bezeichnenden Eigenschaften verbessern.

Erinnern wir uns an die vorangeschickten, allgemeinen Bemerkungen, so ergeben sich die Maßnahmen gegen obige Kronenfehler von selbst.

Ist ein Baum durch seinen Varietätscharakter, durch Bodenverhältnisse u. dgl. geneigt, alljährlich nur kurze, aber mit Fruchtaugen überreich besetzte Triebe zu machen, so erzielt man erstens keine kräftige Krone und zweitens kann sich der Baum leicht erschöpfen. Hier muß also ein „Schneiden auf Holz", d. h. eine Erzielung kräftiger Holztriebe stattfinden. Wir wissen, daß schnelle und bedeutende Wasserzufuhr zu einem Triebe seine vegetative Thätigkeit erhöht, daß die Blätter größer und die Internodien länger werden. Die

nöthige Erhöhung der Wasserzufuhr von Seite der Wurzel zu den einzelnen Augen ist nur dadurch möglich, daß man die Zahl derselben vermindert; je mehr dies geschieht, um so größer ist der Druck auf die stehenbleibenden. Man wird also hier die Zweige kurz, d. h. auf wenige Augen zurückschneiden müssen. Bestimmte, allgemein gültige Regeln sind natürlich hier, wie bei den andern Manipulationen nicht möglich. Je größer der besprochene Fehler, desto kürzer der Schnitt.

Wenn der Baum im Gegensatz zu vorigem Fehler das Bestreben zeigt, lange, wenig verästelte, sehr üppige Holztriebe zu machen und nicht geneigt ist, Fruchtholz anzusetzen, muß er „auf Frucht geschnitten“ werden. Es muß zunächst versucht werden, den Baum zu größerer Verästelung zu bringen, ohne jedoch für die einzelnen, neu entstehenden Triebe die Wasserzufuhr derartig zu vermehren, daß diese nun zu erhöhter Holzproduktion veranlaßt werden. Diesem Uebelstande entgeht man durch Entfernung einer nur geringen Anzahl von Knospen, also durch möglichst langen Schnitt. Je nach Sorte, Witterung und Lage wird der lange Schnitt bald nur in der Entfernung einiger Zweigglieder an der Spitze bestehen, bisweilen aber bis zur Entfernung der oberen Zweighälfte sich steigern können. Die Erzielung von Fruchtaugen ist durch diesen Schnitt allein aber meist unsicher und man unterstützt denselben in der Regel durch weitere, später zu erörternde Manipulationen.

Wenn wir an der Regel festhalten, daß die Wasserzufuhr die Art und Weise der Ausbildung eines Auges wesentlich beeinflußt, so werden wir auch den Schnitt dem Klima anpassen können.

Kältere Klimate begünstigen ebenso wie feuchte den Holztrieb; daher schneide man hier im Allgemeinen lang.

Wärmere, reich besonnte, wasserärmere Gegenden wirken von selbst auf die Ausbildung eines kurzen, mit Fruchtaugen besetzten Triebes hin; hier schneide man also kurz, um den Wasserauftrieb auf wenige Augen zu concentriren und dieselben zu langen, gestreckten Holztrieben auszubilden.

Ist ein Baum durch übermäßige, stickstoff- und kalireiche Düngung zur Produktion sehr üppiger Holztriebe angeregt, so kann man denselben dadurch schwächen, daß man ihn in möglichst kurzer Zeit recht viel Holztriebe in der Nähe der Zweigbasen machen läßt: man schneide also einige Jahre sehr kurz.

Bei allgemein schwächlicher Constitution des Individuums handelt es sich dagegen um möglichst reichliche Erzeugung neuer, assimilirender Organe. Neben genügender Wurzelbewässerung helfe man also durch sehr langen Schnitt.

Wenig blühende Exemplare dürfen nicht kurz geschnitten werden; dagegen schneidet man kurz bei solchen Varietäten, die durch reichlichen Blüthenansatz sich auszeichnen. Ebenso wird sich der kurze Schnitt bei denjenigen Varietäten empfehlen, bei denen im Wachsthum die Gipfelknospen derartig prävaliren, daß sich nur wenig Seitenaugen zu Zweigen entwickeln, also die Krone aus lang

ruthenförmigen, wenig verzweigten Aesten besteht. Umgekehrt kann man reich sich verzweigende Sorten lang schneiden.

Ganz besonders verändert sich der Charakter der Sorte durch die Unterlage, auf der dieselbe veredelt ist. Johannisapfel und Quitte, die sog. Zwergunterlagen, veranlassen in der Regel kürzere Holztriebe und zahlreichere Anlagen von Blüthenknospen, während Aepfel- und Birnwildlinge starke Holztriebe begünstigen. Letztere Veredlungen müssen daher lang, die Ersteren kürzer geschnitten werden.

Das Alter des Baumes ist übrigens ebenfalls bei dem Schnitte zu berücksichtigen. Alle jungen Bäume sind vorzugsweise zur Bildung rein vegetativer Achsen, also zur Bildung von langgliederigen Holzzweigen veranlagt, müssen daher länger geschnitten werden, als alte Exemplare derselben Varietäten und Lage, deren zahlreichere, der Horizontalen sich mehr zuneigende Aeste die Anlage von Fruchtknospen begünstigen.

Bei der jetzt noch herrschenden Mode der sog. französischen Baumzucht, die den Baum in genau gezirkelte Formen künstlich zwängt, ist die Lage des Astes, der die zu schneidenden Zweige trägt, sehr beim Schnitt zu berücksichtigen. Bei den Palmetten und Schnurbäumchen erfordert die Form, daß die starken Aeste wagerecht verlaufen; die Zweige dieser letzteren müssen kürzer geschnitten werden als die der senkrechten Aeste. Je horizontaler der Ast, desto geringer die Wasserzufuhr zu den Knospen; je näher ein Trieb der Senkrechten steht, desto reichere Wasserzufuhr, desto üppiger seine vegetative Entfaltung, desto größer auch vielfach die Blätter und Zweigglieder.

Die bei den sog. Formenbäumen stattfindende, gewaltsame Anheftung der Aeste in horizontaler Lage ruft hier bei jungen Exemplaren häufig dieselbe krankhafte Bildung der Wasserschossen oder Räuber hervor, welche bei alten Bäumen mit ungünstigem Untergrund sich einzustellen pflegt. Die Ursache liegt darin, daß durch die Neigung der Aeste in die horizontale Lage ein Theil der Knospen an der Astbasis eine bevorzugte Stellung betreffs der Wasserzufuhr erlangt. Während die sonst leicht erregbaren Knospen an der Spitze des Astes durch das Herabbiegen in ihrer Wasserzufuhr benachtheiligt sind, erhalten die basalen Knospen den Vorzug, daß sie der Senkrechten am nächsten liegen. Da die günstigste Wasserzufuhr dort ist, wo der geringste Widerstand sich vorfindet, so erhalten die in der Nähe der Senkrechten liegenden Knospen das meiste Material an Bodennahrung, entwickeln sich kräftiger, und der aus ihnen hervorgegangene, kräftige Zweig reißt in der Folge in stets steigender Zunahme immer mehr Bodennahrung an sich, da sein reicher Blattapparat im Stande ist, entsprechend reichlich plastische Baustoffe für neue Zellbildung zu erarbeiten. Auf diese Weise werden die neugebildeten Laubzweige immer dominirender, der ganze ältere, wagrechte Ast immer schwächlicher in seinen Trieben, bis er zuletzt häufig genug ganz abstirbt.

Bisweilen ist der Baumzüchter genöthigt, kränkliche Bäume zu verpflanzen. Bei jedem Verpflanzen, das den Wurzelapparat beschädigt, ist ein Schneiden der Krone empfehlenswerth. Ob nun aber kurz oder lang geschnitten werden soll, muß in jedem einzelnen Falle von dem Züchter entschieden werden. Ist die Krankheit des zu verpflanzenden Baumes nämlich ein Schwächezustand, wie oben geschildert, der sich durch Absterben wagrechter Aeste andeutet, dann muß durch den Schnitt zunächst das Gleichgewicht in der Krone dadurch hergestellt werden, daß dieselbe verjüngt, d. h. aus gleichartigen, kräftigen, vegetativen Achsen wieder aufgebaut wird. Man wird also die schmachtenden Aeste fortschneiden und die kräftigen Triebe kurz einstutzen, um eine Auswahl kräftiger Seitenzweige zu erhalten, aus denen die neuen Kronenäste ausgewählt werden können. Lang dagegen wird man solche Bäume schneiden, deren Krankheit bei gutem Wurzelvermögen durch Wasserüberschuß verursacht wird, wie in manchen Fällen der Unfruchtbarkeit bei Mangel an plastischem Material.

Das Ausputzen im Winter.

Bei denjenigen Bäumen, welche als Hochstämme auf Aeckern, an Straßen u. s. w. der steten Ueberwachung entzogen sind, kann sich der Kulturschnitt nur auf das Ausputzen und Reinigen der Stämme im Winter beschränken. Man bezeichnet mit dem Ausdruck „Ausputzen“ die Entfernung trockner Aeste und Zweige, sowie der Aststümpfe, ferner die Wegnahme aller zu dicht stehenden, sich kreuzenden und reibenden, lebendigen Aeste, sowie solcher, die in das Innere der Krone hineinwachsen und die freie Durchlüftung derselben erschweren. Da selbst bei denjenigen, sich selbst überlassenen Bäumen, die von äußeren Beschädigungen durch Thiere, Sturm, Blitzschlag u. s. w. frei bleiben, sich Wachsthumsfehler einstellen, wie die Erschöpfung einzelner Astpartien und die Bildung von Wasserreisern, so muß das Ausputzen auch die Herstellung des Gleichgewichtes durch Entfernung derartiger Produktionen anstreben.

Die Fortnahme starker Aeste, welche die bedenklichsten Wunden hinterlassen, wird bei Bäumen, die in der Jugend gut im Schnitt erhalten worden sind und in späterer Zeit alljährlich oder wenigstens nach etwa je 2 Jahren einmal durchgesehen werden, selten eintreten. Bei Straßenanpflanzungen kann es jedoch bisweilen nützlich sein, starke Aeste, deren Zweige zu tief herabhängen und den Beschädigungen durch Fuhrwerk oder, zur Zeit der Fruchtreife, durch Menschenhand zu sehr ausgesetzt sind, ganz zu entfernen. Man wird hier mit der Säge den Ast dicht an seiner Ursprungsstelle abschneiden, die faserige Sägewunde mit dem Messer glatt schneiden und die Wunde mit einer festschließenden Masse überziehen. Die Praxis empfiehlt in dieser Hinsicht als vortheilhaften Wundkitt den Steinkohlentheer. Beistehende Figur 26 zeigt eine große Astwunde, die getheert worden war, bei welcher der Theer aber in der langen Zeit, die zur Ueberwallung nöthig war, das Reißen und Vermodern

nicht ganz verhindert hat. Das Nachschneiden jeder Sägewunde mit einem scharfen Messer empfiehlt sich in allen Fällen, da die Säge quetscht und fasert und dadurch auch eine Menge untereinanderliegender Zellen krank, zu Neubildungen unbrauchbar und später absterben macht. Das unverletzte Gewebe, von welchem die Ueberwallung ausgehen muß, ist daher von einer dickeren Lage absterbender Zellen bedeckt, welche das Hervortreten des Wundwalles erschweren. Es kommt hinzu, daß zwischen den aus zerquetschten Zellen und Gefäßen bestehenden Fasern das atmosphärische Wasser festgehalten wird und daß Pilzsporen auf der unebenen Fläche leichter haften, fester sitzen und bei der größeren Feuchtigkeit keimen können, so daß dadurch die Gelegenheit für eine fortschreitende Fäulniß des Holzkörpers viel größer als bei dem glatten Messerschnitt wird.


Fig. 26.

Wenn Aeste abgesägt werden, vergesse man nicht, erst einige Centimeter tief von unten her einzuschneiden, um das Einreißen des von oben her halbdurchsägten Astes zu vermeiden.

Gegen den Gebrauch eines scharfen Beiles statt der Säge läßt sich nichts einwenden; nur muß die Beilwunde derart hergestellt werden, daß die Wundfläche convex ist, da sie nicht eben, wie eine Sägefläche hergestellt werden kann. Auch hier sind das Glattschneiden mit dem Messer und das baldige Verschließen der Wunde unerläßliche Bedingungen für die Erhaltung eines gesunden Stammes.

Bei Bäumen, welche lange Zeit ohne Pflege geblieben, wachsen nicht selten Aeste von der Nordwestseite her in das Innere der Baumkrone hinein. Das Innere der Krone muß aber möglichst licht gehalten werden, um die Durchlüftung und Durchleuchtung recht vollkommen herzustellen und andererseits das Besteigen der Krone bei der Fruchternte leicht und für den Baum so gefahrlos wie möglich zu machen.

Bei der jetzt noch meist üblichen Erntemethode des Schüttelns und selbst bei dem Pflücken der Früchte werden dem Baume unzählige, kleine Wunden

durch Abstoßen und Abbrechen der kurzen, die Früchte tragenden Zweige beigebracht. Wenn nun noch größere Wunden durch Abtreten jüngerer Aeste im Innern der Krone hinzukommen, so ist eine Erkrankung des Stammes sehr naheliegend, zumal die Verwundung zu einer Zeit erfolgt, in der die dringende Arbeit ein Schneiden und Verstreichen der Wunden nur selten zuläßt. Es ist daher besser, zur Zeit der Winterruhe, wenn die Hauptfröste vorbei sind, stärkere Aeste aus der Krone herauszuschneiden und die Wunden sorgfältig zu behandeln.

Nur bei Steinobst, namentlich bei Kirsche und Aprikose, vermeide man soviel als möglich die Entfernung stärkerer Aeste, da der Gummifluß sich an den Wunden außerordentlich leicht einstellt.

Bei Apfelstämmen auf stark wasserhaltigem Boden sieht man nicht selten, daß ältere, horizontale Aeste, die reichlich Früchte getragen, nach 6—8 Jahren eine Menge starkwüchsiger, senkrecht in die Höhe strebender, den Wasserreisern ähnliche Triebe entwickeln. Dieselben verzweigen sich im nächsten Jahre und setzen, sobald der Trieb nachläßt, auch Fruchtholz an. Bei dem Ausputzen empfiehlt es sich dann, die kräftigsten, nach außen gerichteten, derartigen Zweige stehen zu lassen und dem durch diese Produktionen sich anzeigenden, natürlichen Verjüngungsprozeß durch Fortnahme des horizontalen Mutterastes bis an die Ursprungsstelle des ersten, kräftigen, neugebildeten Laubzweiges zu Hülfe zu kommen. Später sterben diese Parthien doch ab.

Wenn die Zeit drängt und die nachzuschneidende Wundfläche zu groß ist, schneide man mit dem Messer unter allen Umständen wenigstens den Rand der Wunde, d. h. den Rinden- und jungen Holzkörper glatt.

Ueber die Zeit des Ausputzens gehen die Meinungen auseinander. Die alte Regel empfahl die letzten Wintermonate, bevor der Baumkörper in erneuete Vegetation trat. Neuerdings empfiehlt man die Zeit kurz vor dem Laubfall, weil man erstens die dürr gewordenen Aeste besser unterscheiden kann und andrerseits mehr Arbeitskräfte zur Disposition als im ersten Frühjahr hat. Für Kernobst wird letztere Zeit ganz günstig sein; für Steinobst halte ich wegen der größeren Leichtigkeit der Zersetzung des Holzkörpers bei Beschädigungen den Ausgang des Winters für geeigneter, für Wallnüsse einen noch späteren Termin.

Das Reinigen der Stämme.

Gleichzeitig mit dem Ausputzen wird das Reinigen der Stämme und älteren Aeste von Flechten und Moosen vorgenommen. Diese Arbeit gehört insofern in das Gebiet der Verwundungen, als dieses Reinigen in einer mit scharfen Instrumenten hervorgebrachten Entfernung der äußeren Rindenparthien älterer Stämme besteht. Daß dabei nicht blos die todten Borkenschuppen, sondern häufig auch noch lebendiges Rindengewebe abgerissen wird, ist selbstverständlich. Aber grade darin sehe ich den Nutzen der Arbeit. Ich halte dafür, daß, wenn unsere Kulturbäume eine reichliche Flechtenvegetation an ihren

Stämmen sich entwickeln lassen, sie schon der Krankheitsgrenze nahe stehen; sie befinden sich an einem nicht zusagenden Standort. In der Regel ist Bodennässe der ungünstige Faktor, der auch das Ausreifen der Zweige im Herbst verhindert und dieselben bis in den Winter hinein in Vegetation erhält. Dasselbe Resultat haben wir auch bei dauernd feuchter Luftbeschaffenheit in tiefen, geschlossenen Lagen. Wahrscheinlich ist bei Bäumen an derartigen Standorten der zum normalen Abwerfen älterer Rindenparthien resp. zur Bildung der leichter lösbaren Borkenschuppen erforderliche Wechsel zwischen Feuchtigkeit und großer Trockenheit durch den dauernd größeren Wasserreichthum der Rindenparthien zu gering, so daß ein Abwerfen der alten Korkparthien von selbst nicht erfolgt, sondern eine Vermoderung derselben auf dem Stamme stattfindet. Bei stark mit Flechten besetzten Stämmen kann man dies als sicher annehmen, da die Flechten im Gegensatz zu unsern phanerogamen Pflanzen die Fähigkeit besitzen, viel Wasserdampf aus der Luft aufzunehmen und zu condensiren. Hanstein[1]) fand, daß z. B. trockne Stücken von Cetraria islandica binnen 2 Tagen in feuchter Luft $^1/_3$ ihres Gewichtes an Wasserdampf aufnahmen, dadurch aufquollen und ein frisches Ansehen erhielten. Die Vermoderungsprodukte leisten der Moosvegetation Vorschub. Wenn diese modernden Rindenreste durch die atmosphärische Feuchtigkeit zu einer schmierigen Masse verkittet werden und in großer Menge unter den Flechten resp. Moospolstern sich anhäufen, geben sie Veranlassung zur sog. „Lohekrankheit“ der Praktiker.

Das künstliche Abreißen der Borkenschuppen ist in warmen, lockeren Bodenarten oft bei Aepfel- und Birnenstämmen nicht nöthig, weil sich hier durch normale Borkenbildung die Rinde von selbst reinigt und ohne Flechtenvegetation bleibt. Wenn es erforderlich wird, dient es eben durch seine Ungenauigkeit, mit der es nur ausgeführt werden kann, als Heilmittel. Die grünen Rindenparthien werden nämlich stellenweise fast bloßgelegt, und dort müssen sich in kurzer Zeit neue Korklagen in einem Theil des bisher chlorophyllführenden Rindenparenchyms bilden.

Die Rinde wird stellenweis zu erhöhter Thätigkeit angeregt; der durch den Panzer von nicht gelockerten Borkenschuppen bisher sehr stark gewesene Rindendruck wird erniedrigt und dadurch die Produktion des Cambiumringes erhöht; der Jahresring wird breiter, ähnlich wie wenn der Rindendruck durch Schröpfen gemindert worden wäre.

Wir erinnern in dieser Beziehung an die Experimente von Knight, welche Kraus[2]) citirt. „In den letzten zwei Jahren, sagt Knight, habe ich die harte Schale der leblosen, äußeren Rinde von einigen sehr alten Aepfel- und

---

[1]) Hanstein: Ueber die Leitung des Saftes durch die Rinde. Pringsheim's Jahrbücher f. wiss. Bot. 1860, S. 459.

[2]) Gewebespannung des Stammes und ihre Folgen. Bot. Zeit. 1867, S. 140.

Birnbäumen abgeschält, und die Wirkung davon ist außerordentlich gewesen. Es ist nämlich in diesen beiden Jahren mehr neues Holz erzeugt worden, als in den zwanzig vorhergehenden" u. s. w.

So vortheilhaft sich das Abkratzen erweist, so hat es immerhin auch seine bedenklichen Seiten. Es können durch diese Verletzungen leicht Frostbeschädigungen entstehen; daher empfiehlt es sich, diese Arbeit erst nach Ausgang des Winters oder schon im Herbst vorzunehmen. Um den zurückbleibenden Sporen und Thallusrudimenten die Gelegenheit zur schnellen Weiterentwicklung bei dem bald eintretenden, feuchten Frühjahrswetter zu entziehen, wendet man in der Praxis ein Bestreichen der gereinigten Bäume mit Kalkwasser, Urin oder Seifenlauge oder einen Brei von Jauche, Asche, Kalk und Lehm an. Der Kalkanstrich im zeitigen Frühjahr soll auch ein Vorbeugungsmittel gegen Bostrichus sein, dessen Weibchen die Rinde der Apfelbäume anbohrt, um die Eier hinein zu legen. Gegen die in der Rinde sitzenden Käfer und Larven soll das Abschaben der Rinde und Bestreichen mit Kalk, dem Petroleum oder Carbolsäure beigemischt ist, besonders vortheilhaft sein.

Das Aufästen.

Das „natürliche Aufästen" oder „Sich-Reinigen" des Baumes erfolgt je nach dem Standort in kürzerer oder längerer Zeit dadurch, daß durch die Beschattung der sich ausbreitenden Krone die Aeste an der Basis des Stammes aus Lichtmangel immer weniger Laub entwickeln und endlich absterben, vermodern und vom Winde abgebrochen werden. Sie haben dem Baume ihre Arbeit betreffs Verdickung der Hauptachse geleistet und sind bedeutungslos für seine Oeconomie geworden.

Die Aststumpfen werden von der Hauptachse allmählich überwachsen. Bei Nadelhölzern verkienen die Astbasen und bilden die bei Fichte und Tanne bekannten „Hornäste", die bei dem Schneiden des Stammes in Bretter aus denselben heraus fallen.

Um derartige Erscheinungen handelt es sich hier nicht, sondern um die Entnahme von Aesten, welche der Baum noch braucht.

Auch die Gärtnerei wendet dieses in der Forstwirthschaft übliche Verfahren der Entnahme lebendiger, starker Seitenzweige (Grünästung) zur Beförderung des Gipfeltriebes an. Allerdings kann durch das Aufästen der Gipfeltrieb verlängert werden, indem der erhöhte Wasserdruck d. h., der größere Turgor der Zellen, eine größere Streckung hervorbringt. Das Baumaterial in der Gipfelknospe wird in anderer Weise verwendet. Der Trieb wird länger, aber schmächtiger und schwächlicher, da er aus gestreckteren und dünnwandigeren Zellen aufgebaut ist. Die Erfahrungen der Forstwirthschaft zeigen aber auch, daß nicht selten durch starkes Aufästen eine Beförderung des Höhenwuchses gar nicht eintritt, und ich halte diese Maßregel aus folgenden Gründen geradezu

für schädlich. Der Gipfeltrieb wird sich nur im gewünschten Maße dann stärker strecken und dabei von normaler Dicke bleiben, wenn bei der durch Entnahme zahlreicher Seitenäste erhöhten Wasserzufuhr zur Spitze auch in der Nähe derselben plastisches Material für die Neubildungen in erhöhtem Maße sich vorfindet. Meiner Anschauung nach wandert aber das von den Blättern erarbeitete organische Material nach den höher stehenden Verbrauchsheerden nur langsam und auf kurze Strecken, während es schneller abwärts zu sinken im Stande ist.

Erstreckt sich das Aufästen daher bis auf die Triebe in der Nähe der Gipfelknospe, so ist zwar der Wasserauftrieb erhöht, aber das Material genommen, das in erster Linie berufen ist, den Gipfeltrieb mit zu ernähren. Wir haben also einen schwächeren Stamm mit vielen Wunden und wenig Organen zur Bereitung plastischer Substanz für eine etwaige Begünstigung der Gipfelknospe. Läßt man die obersten Seitenzweige stehen und entästet nur bis zu diesen, so wird das von den seitlichen Trieben erarbeitete Material die Ernährung der Gipfelknospe begünstigen können und demgemäß den Gipfeltrieb befördern, falls nicht die Gipfelknospen der Seitenzweige die neugebildete organische Substanz zum Wachsthum zunächst verbrauchen. Entfernt man nur die unteren Aeste und läßt eine bedeutende Krone, so erlangt die Spitze des Stammes nicht mehr plastisches Material wie früher, und der durch die Fortnahme eines Theiles des Baumkörpers im Allgemeinen erhöhte Wasserdruck vertheilt sich auf die Gesammtkrone und ist dann von nur geringer Wirkung.

Will man daher den Gipfeltrieb eines Stammes durch Aufästen durchaus erhöhen, so wird vom physiologischen Standpunkte aus es gerathen erscheinen, erstens den Wasserdruck im Baume durch Fortnahme der unteren, starken Astpartie zu erhöhen, zweitens das Wachsthum der oberen Seitenzweige durch Entfernung ihrer Gipfelknospen dauernd zu verlangsamen, ohne den Blattapparat wesentlich zu schädigen, drittens am Gipfeltriebe selbst alle Seitenknospen zu unterdrücken. Diese Manipulationen sind bei dem Betriebe im Großen gar nicht ausführbar.

Die Vortheile, welche durch Entnahme starker Kronenäste für den Gipfeltrieb erzielt werden können, kommen aber gar nicht in Betracht, gegenüber den Nachtheilen, die dieses Verfahren für den Stamm mit sich bringt.[1])

Abgesehen davon, daß mit dem Abschneiden eines jeden Astes ein so bedeu=

---

[1]) Vergl. die eingehende Darstellung in Göppert's: „Innere Zustände der Bäume nach äußeren Verletzungen, besonders der Eichen und Obstbäume." Jahrb. d. schles. Forstvereins 1873.

Ferner: „Schneideln und Aufasten" von dem Oberforstmeister v. Tramnitz. Breslau 1872, ref. in Forstl. Blätter von Grunert und Leo 1873, Heft I.

Kienitz: „Angaben über die Aufästung der Waldbäume." Allg. Forst- u. Jagdz. 1876, S. 293 ff.

Nördlinger: Deutsche Forstbotanik I, S. 569.

tender Verlust an Blättern, also an Assimilationsorganen stattfindet, deren erarbeitete organische Substanz bei dem Dickenwachsthum des Stammes zur Verwendung kommen sollte und deren übermäßige Entfernung bisweilen das Ausbleiben eines Jahresringes an der Stammbasis veranlassen kann, ist auch der Einfluß der entstehenden, großen Astwunden in der Regel ein verhängnißvoller für den Stamm. Während die junge Pflanze den Schnitt am leichtesten und ohne Nachtheil, wenn auch nicht ohne Spuren erträgt, leitet jede große, viele Jahre unbedeckt bleibende Astwunde dagegen eine, in der Regel bis auf den Stamm sich erstreckende Zerstörung des Holzkörpers ein. Göppert beobachtete die Astwunden unserer Obstbäume genauer und fand, daß Schnittflächen von 3 bis 5 cm Durchmesser, die in 4—8 Jahren überwallen und an stark wachsenden Stämmen gemacht werden, dennoch schwarze Flecke und einen gewissen Grad von sich nicht wieder verlierender Lockerung im Innern des Stammes erzeugen. Theeren der Wundfläche verhindert diese Erscheinung nicht. Schnittflächen von 10—15 cm Durchmesser werden erst nach 10—15 Jahren überwachsen; sie zeigen größere Schwärzung, eine bis auf verschiedene Tiefe in den Stamm hineinreichende Trennung des Astkegels und im Centrum die Entstehung von Sprüngen. Noch größere Astwunden, die also noch längere Zeit zur Ueberwallung brauchen, zeigen immer schon Spuren von Fäulniß, welche jeden Gebrauch des Holzes zu Nutzzwecken ausschließen. Je höher in die Krone hinein entästet wird, desto weniger Blattkörper ist über der Wunde und desto später tritt eine vollkommene Ueberwallung, selbst bei auffallender Verbreiterung des Jahresringes, ein. In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle wird auch das vom Gipfel aus fortschreitende Hohlwerden der Eichen, die sog. „Gipfeldürre" nicht, wie man gewöhnlich annimmt, von allgemeiner Lebensschwäche, sondern durch Fäulniß verursacht, die sich von verletzten Aesten der Krone aus entwickelt.

Bei Obstbäumen wird man also bei aufmerksamer Beobachtung durch Fortnahme unpassender Zweige im jugendlichen Zustande gar nicht in die Verlegenheit kommen, starke Aeste wegnehmen zu müssen. Unvorhergesehene Fälle, wie die Uebernahme verwahrloster, alter Bäume, Windbrüche u. s. w. sind eben als Unglücksfälle durch Glattschneiden der Wundfläche und Theeren derselben möglichst unschädlich zu machen.

Aber auch bei dem Forstmann, glaube ich, wird sich das Bestreben, gerade, glatte Stämme zu erzielen, in anderer Weise als durch Fortnahme starker Aeste befriedigen lassen, obgleich bei Nadelhölzern der Schaden der Entastung darum weniger merklich wird, weil die Schnittfläche verharzt und der Stammfäule dadurch vorgebeugt wird.

Bei Laubbäumen muß das künstliche Theeren an die Stelle der natürlichen Verharzung treten. Aber der Theer dringt nicht immer genügend in die Schnittfläche ein; am besten geschieht dies zur Zeit der Baumruhe im

Herbst- oder Winter-Ausgang. In dieser Zeit leidet auch die bei der Fortnahme größerer Aeste gefährdetste Stelle, nämlich der untere Theil des Wundrandes, am wenigsten. Durch Quetschung des sinkenden Astes wird dort häufig die Rinde vom Holze abgedrückt, das Cambium also getödtet und Wundfäule außerordentlich leicht eingeleitet.

Die Vermeidung der Entastung, meine ich, läßt sich durch eine Regelung der Dichtigkeit des Bestandes erreichen. Wir sehen, daß bei „dichtem Schluß" die Bäume gerade und schnell in die Höhe wachsen. Aus Lichtmangel werden neue Aeste sich nicht stark entwickeln können; im Gegentheil sterben die gebildeten, schwachen Aeste bald ab; der Baum „reinigt sich". Wenn wir also vermeiden, durch unrationelles Lichten die Bildung starker Seitenäste anfangs zu begünstigen, brauchen wir auch keine Sorge zu haben, daß die Astbildung den Vorrang über die Gipfelverlängerung gewinne, wie dies bei freigestellten Kiefern sehr schön zu sehen ist.

Inschriften.

Als spezielle Fälle einer gewöhnlichen, mit Substanzverlust verbundenen Längswunde, die bis in das alte Holz hinein sich erstreckt, sind die in Stämme eingeschnittenen Schrift- und Zahlenzeichen zu erwähnen, sowie die unregelmäßigen Nage- und Rißstellen, welche durch Verbeißen des Wildes im Winter entstehen.

Bei den Schriftzeichen hat das Messer bedeutende Mengen alten Holzes entfernt, ist also tiefer in den Stamm eingedrungen; dafür aber hat die Wunde eine geringere Ausdehnung in die Breite. Die Verheilung der tiefen Schriftrinne erfolgt von den Längsrändern der Wunde aus; der obere und untere Wundrand sind hier nur in ganz unbedeutendem Maße betheiligt. Die aus der Cambiumzone hervortretenden, mit eigner Rinde versehenen Wundränder legen sich alljährlich schichtenweise über einander in die Wundrinne hinein, dieselbe allmählich ausfüllend, ohne natürlich mit dem alten Holze, dessen äußerste, die Wunde begrenzende Zellschichten gebräunt werden und absterben, sich jemals zu vereinigen; sie bilden nur eine fest anliegende Masse, wie das Metall in einer Gußform. Mit dem Augenblicke, wo die beiden entgegengesetzten Wundränder eines jeden Schriftzeichens mit einander verschmelzen, also ihre Cambiumzonen mit einander sich vereinigen, bilden dieselben auch wieder normal gestellte Holzelemente, die durch die alljährlichen Zuwachszonen immer stärker werden und damit die ehemaligen Schriftzeichen immer tiefer in den Stamm hineinrücken lassen. Ein glücklicher Schlag bei dem Spalten des Holzes trennt dann die nicht verletzt gewesenen Zwischenschichten zwischen den einzelnen Zahlen oder Buchstaben, und die braune ehemalige Gußform fällt von der hineinergossenen Holzmasse ab.

Da jeder Wundrand seine eigne Rinde hat, welche unterhalb der alten

Außenrinde hervorgetreten ist, so bleibt die Rinde, welche die verwallte Wunde bedeckt, so lange äußerlich als vertieftes Feld am Stamme kenntlich, als die alte Rinde am Baume bleibt, welche zur Zeit der Verwundung die äußerste Bekleidung des Stammes bildete und über der Wundrinde vorstand. Dieses vertiefte Feld der Wundrinde giebt also im äußeren Umriß die Figur wieder, die das gleichzeitig mit ihr entstandene Holz, das zur Ausfüllung des eingeschnittenen Buchstabens diente, im Innern des Stammes bildet. Das geübtere Auge erkennt also lange Zeit, nachdem die Schriftzeichen durch das neue Holz überwallt sind, ihre Form in dem Schlußfelde der Rinde wieder. Da zwei Punkte am Stammumfange durch das jährliche Dickenwachsthum des Stammes immer weiter auseinander geschoben werden, so rücken auch die Ränder, die die Grenze zwischen der alten Rinde und der ehemaligen neuen Wundrinde bilden, immer weiter auseinander, d. h. die äußerlich an der Rinde kenntlichen Buchstaben werden mit jedem Jahre breiter. Bei glattrindigen Bäumen, die ihre Rinde lange erhalten (Buche, Kirsche), kann die äußere Rindenfigur auf diese Weise 6—8 mal so breit als die ursprünglich in's Holz eingeschnittene Figur werden.

Wildschaden.

Bei Wildschaden sind die Verletzungen breiter, unregelmäßiger, aber in der Regel nur bis in den Splint reichend.

Wird der Stamm an seinem ganzen Umfange der Rinde und des Splintes beraubt, so vertrocknet er, wenn die Verwundung nicht erst gegen das Frühjahr hin oder im Sommer geschieht, nach einer Reihe von Jahren. In der Regel aber findet das Verbeißen und Schälen des Wildes nur an einzelnen Stellen des Stammumfanges statt und dann erfolgt allmählich von den Rändern der stehengebliebenen Rindenpartien aus die Bildung von Ueberwallungsrändern. Wenn solche Ueberwallungsränder in einem späteren Jahre vor Schluß der ersten Verwundung wiederum verletzt werden, erhält der Holzkörper anscheinend sehr verwickelte Jahresringbildungen.

Je nach der Art des Wildes sind die Beschädigungen verschieden. Nach Ratzeburg[1]) „schält" Roth- und Elchwild (Rehe nicht), indem es mittelst der Schneidezähne Rindenlappen zum Zweck der Nahrung meist im Frühjahr unten löst und dann nach oben zu abreißt. Die Heilung vollzieht sich dann entweder durch Ueberwallung oder auch wohl in einigen Fällen durch Neuberindung (s. Schälen der Obstbäume). Durch Fegen und Schlagen erfolgt auch eine Entrindung; aber hier bleiben Ueberreste der halb gelösten Rinde an den Rändern der unbeschädigten in Form von Lappen oder kleineren, schnell trocknenden und daher gekräuselten Fetzen stehen; auch fehlen selten die Spuren von

[1]) Waldverderbniß, I, S. 50 ff.

Haaren an der Rinde. Da Hirsche und Rehböcke während des Fegens mit dem Gehörn auf und nieder fahren, um es vom Bast zu reinigen, so sind auch die Fegewunden länger und gehen häufiger als Schälwunden rings um den Stamm. Nun schlägt das Reh den Bast im Februar und März ab, der Hirsch um Johannis, das Dammwild 4 Wochen später. Letztere Wunden fallen also in die Periode, in welcher der Baum seine größte Menge plastischen Materials disponibel hat; ihre Verheilung wird daher weit schneller erfolgen, als die der Winter- und Frühjahrswunden. Hier kommt es auch vor, daß die Wunde gar nicht einmal das Cambium erreicht, sondern nur die äußeren Rindenschichten wegnimmt. Bleibt die Innenrinde stehen, so entwickelt sich unter derselben der Jahresring aus dem Cambium fast normal weiter, wenigstens soweit dies die Anordnung der Holz- und Gefäßelemente betrifft. Die Holzzellen sind aber meist dünnwandiger und weitlumiger, die Gefäße häufig zahlreicher, der ganze Jahresring breiter. Ist die Witterung feucht oder der Standort der Bäume ein schattiger und feuchter, dann entwickelt sich auf der Außenseite aus den stehengebliebenen Zellen der jüngsten Rinde manchmal ein Callusgewebe, das zu neuer Rindenbildung, bei üppigen Bäumen in seltneren Fällen zur Bildung isolirter Holzkörper in der Rinde führt.

Das Schlagen und Aufplatzen der Rinde kommt auch außer der Fegezeit und Brunstzeit vor, im Nachsommer. Hier stellt sich oftmals eine andere Wundheilung ein, indem sich auf dem vom abgehobenen Rindenkörper befreiten Holzkörper aus den jüngsten Splintschichten callöses Gewebe bildet, das die Lücke ausfüllt, ähnlich wie bei oculirten Stämmen (s. Oculation).

Das Verbeißen d. h. das Abfressen von Knospen, Blättern und jungen Triebspitzen hat dieselben Folgen, wie die künstliche Entfernung dieser Organe bei dem Kulturschnitt der Obstbäume. Wenn Rothwild sich auf die Hinterläufe stellt, um Knospen und Blüthen (besonders bei Haselnüssen) von den Zweigen abzufressen, werden auch noch äußerlich nicht erkennbare Verletzungen der stehengebliebenen Achsen durch Biegen vorkommen, d. h. ein Abplatzen der Rinde vom Splint an der Biegungsstelle. Die Heilungsvorgänge dürften hier dieselben sein, wie die bei den künstlich gebogenen Zweigen der Obstbäume.

Zur Verhinderung des Verbeißens und Schälens wurde im Insterburger Forstverein [1]) eine Mischung von 2,5 kg Wagenfett, 1,5 l Petroleum. 375 g Alaun und 375 g Talg empfohlen. Diese Salbe wird im Herbst mittelst Pinsel oder langhaariger Bürste aufgetragen. Auch Obstbäume können durch dieses Mittel gegen das Benagen durch Hasen geschützt werden; bei einer Verwendung gegen Mäusefraß ist der Talg aus dem Mittel fortzulassen.

Endlich haben wir noch der Nagewunden zu gedenken, wie sie durch Mäuse, Kaninchen, Biber und Hasen hervorgebracht werden. Letztere schneiden

[1]) Centralbl. f. d. ges. Forstwesen 1879, S. 329.

mit ihren Zähnen zwar lieber junge Zweige oder schwache Pflanzen ganz ab. Das eigentliche Nagen, das besonders unsern Obstbäumen so verderbenbringend ist, erfolgt meist nur bei hohem Schnee. Die Wunden gehen bis auf das ältere Holz, an dem man die Zahnspuren erkennt. Entstehen sie rings um den Stamm in zusammenhängender Fläche, dann ist der Baum verloren; bleiben dagegen einzelne Rindenpartien stehen, so erfolgt von diesen aus eine Ueberwallung.

Nach v. Berg soll das Fällen von Aspen und Saalweiden, die vom Wilde dann geschält werden, die übrigen Bäume vor Verletzungen schützen. Schließlich dürfte sich als das beste Mittel überhaupt die Anfuhr von Futter während des Winters herausstellen.

An denjenigen Orten, wo Weidevieh in die Forsten getrieben wird, verursacht dasselbe häufig mehr Schaden als das Wild. Wurzeln werden bloßgetreten in dem Maße, daß Bäume an den Triebpfaden eingehen. Schafe und Ziegen verbeißen Lärchen, Tannen und Fichten u. s. w. Wie v. Mohl[1]) andeutet und Ratzeburg[2]) bestätigt, vertragen die Nadelhölzer weit weniger Stammverletzungen, die bis auf das Cambium gehen, als die Laubhölzer.

Der Vollständigkeit wegen sei in Kürze auch noch der Wunden gedacht, die durch andere Thiere als durch Säugethiere hervorgerufen werden und nicht zur Gallenbildung Veranlassung geben. Die Gallen finden in einem besonderen Abschnitte eine eingehendere Bearbeitung. Die Darstellung stützt sich im Folgenden auf Heß' sehr ausführliche Behandlung dieses Gegenstandes.[3]) So kommen auch Beschädigungen in Betracht, die durch Vögel verursacht werden; denn wenn zwar die meisten von Früchten und Samen des Waldes leben, so verschmäht doch auch ein Theil keineswegs die Knospen, wie z. B. die Meisen; andere Vögel beschädigen die Stämme durch Ringeln und Anhacken, wie die Spechte. Als besonders schädlich durch Verbrauch von Knospen und jungen Trieben im Winter und Frühjahr werden genannt das Auerhuhn, Birk- und Haselhuhn und auch die Tauben. Das Auerwild kann manchmal den Baum-Saaten sehr bedeutenden Schaden zufügen, indem es die aus dem Schnee herausragenden Spitzen abbeißt, wodurch Verkrüppelung und Gabelwuchs nicht selten eingeleitet werden. Der Eichelheher ist bisweilen speziell den Obstbäumen schädlich; neben den Knospen sucht er auch die Kerne (Kirschen) auf, wie der Kernbeißer. Bedeckung der Saatbeete mit Reisig oder Dornen wird hier am Platze sein. Die Spechte, welche wegen ihrer Insektenvertilgung als forstnützliche Thiere angesprochen werden müssen, verursachen aber doch recht be-

---

[1]) v. Mohl: Bot. Zeit. 1862, S. 325.

[2]) Ratzeburg: Waldverderbniß, I, S. 67.

[3]) Der Forstschutz von Dr. Richard Heß, ord. Prof. d. Forstwiss. an der Ludwigs-Universität zu Gießen. Leipzig, Teubner 1878.

deutungsvolle Baumwunden, die natürlich am empfindlichsten bei den gesunden Bäumen verspürt werden. Behauptet wird wenigstens, daß der Specht ganz gesunde Bäume anhacke. Es kommt hinzu, daß nach der Angabe von Heß die Spechte wenig gegen die eigentlich schädlichen Holzfresser unter den Insekten nützen, da diese zu klein sind und für den Vogel nicht leicht erreichbar wohnen. Die den Baum anhackenden Spechte (der Schwarz- und Buntspecht) suchen nach Altum vorzugsweise größere, forstlich indifferentere, mehr in abgestorbenen Bäumen lebende Insekten (Cerambyx, Sirex u. dgl.). Von einem Spechtloche aus pflanzt sich die Fäulniß des Holzkörpers weiter fort. Das oben erwähnte Ringeln ist von dem großen Buntspecht beobachtet worden, der ganz gesunde Stämme von Linden, Aspen, Pappeln, Birken, Hain- und Rothbuchen, Kiefern, Fichten und Tannen (Wanzenbäume) durch Schnabelhiebe in spiraliger Richtung verletzt.

Wenig beachtet im Allgemeinen sind Baumwunden, die durch Wespen hervorgerufen werden. Die durch ihren Fang von Fliegen und Faltern sonst nützlichen Stechwespen (Vespidae), die man höchstens wegen des Anfressens von Früchten abzuhalten sucht, schälen aber auch Bäume; sie nagen die Baumrinde ab, zerkauen dieselbe, vermischen sie mit einem von ihnen abgeschiedenen, klebrigen Saft und verwenden die Masse zur Herstellung ihrer Nester. Von der gemeinen Hornisse (V. crabro) werden im Juni und Juli die jungen Stämme der Esche, Eiche, Buche, Erle, Lärche, Weide und auch der Obstbäume geringelt oder geschält, wodurch mindestens kümmerliche Ernährung, bisweilen gänzliches Absterben hervorgerufen wird. In Obstgärten wird man bei massenhaftem Auftreten der Wespen zum Fangen durch Wespengläser, sowie zum Ausschwefeln und Zerstören der Hornissennester greifen müssen.

Daß die Ameisen Früchte benagen und in die Bäume Gänge graben, ist bekannt; sie sollen jedoch nur kranke Bäume nehmen und sind daher als Erzeuger von Stamm-Verwundungen ohne praktische Bedeutung. Ihr Hauptschaden möchte im Unterminiren des Bodens bei Hügelpflanzungen zu suchen sein. Als Holzbewohner sind die Holzameise (Formica ligniperda), die in alten Bäumen (Fichten) wohnt, und die Roßameise (F. herculeana L.) zu nennen, welche zellenartige Bauten in alten Stöcken kranker Nadelhölzer und Eichen macht.

Endlich dürfte noch erwähnt werden, daß auch unsere Honigbiene als Wunderzeuger zu nennen ist, da sie nicht blos in hohlen Bäumen baut, sondern auch im Mark vollkommen gesunder Bäume und Sträucher (Esche, Wallnuß, Rose und Himbeere) brütend beobachtet worden ist.

Der Bohrgänge, welche Käfer in der Cambialregion oder im Holze und der Rinde sehr vieler Bäume erzeugen, wird bei den Gallen vorübergehend Erwähnung geschehen.

Schälwunden in Folge des Holzrückens, Baumschlag und Anprällen; Verwundungen durch Harznutzung.

Die ersterwähnten Wunden, die sich tief an der Stammbasis, am sog. Wurzelanlaufe und auch an flachstreichenden Wurzeln in großer Zahl, besonders in mehrfach durchforsteten Fichtenbeständen an Bergwänden durch das Reiben bei dem Rücken des Langholzes an den Wegen einstellen, sind den durch Schälen des Rothwildes erzeugten Beschädigungen ganz ähnlich. Die so häufig auftretenden, schwarz-braunen Flecke auf der Abhiebsfläche der Stämme rühren zum großen Theil von dieser Art von Wunden her, welche nach R. Hartig auch als Ursachen einer nicht parasitären „Wundfäule" eine erhöhte Bedeutung erlangen. Um die gefährlicheren Wurzelwunden bei diesen Arbeiten auf ein möglichst geringes Maß einzuschränken, empfiehlt es sich, das Holzrücken bis an die Abfuhrwege vor Beginn der Vegetation, wo die Rinde noch nicht vom Holz löst, vorzunehmen.

Die Quetschwunden, welche dadurch hervorgerufen werden, daß man bei dem Raupensammeln mit dem Axtrücken gegen die Stämme schlägt oder daß bei dem Fällen der Bäume ein Stamm am andern niedergleitet, sind viel gefährlicher als andere Wunden. Die vertrocknende Rinde an der Quetschstelle erhält die Verbindung zwischen den lebenden Rindenparthien und damit gleichzeitig den Rindendruck; ja derselbe wird sogar vergrößert gegenüber der am ganzen Umfange mit gesunder Rinde versehenen Stammparthie, da die todte Rinde nicht wie die gesunde elastisch dem Innendrucke nachgiebt. Wenn das todte Rindenstück endlich gesprengt wird und Risse bekommt, sammelt sich Feuchtigkeit auf der Wundfläche und erzeugt leicht weiter greifende Zerstörungen. Die Ueberwallung derartiger Wunden ist eine schwierige. R. Hartig beobachtete an Kiefern, daß Prällwunden nach 30 Jahren noch nicht überwallt waren, und meint, derartige Wunden überwallen überhaupt nicht oder nur sehr spät. Einigermaßen ähnliche Erscheinungen bietet der Brand, eine Frostbeschädigung, die zunächst auch nur stellenweise die Rinde trifft, welche dann auf den Holzkörper auftrocknet. Ueberwallungsränder sind in diesem Falle wohl vorhanden, aber sie sind bei dem hohen Rindendrucke ganz schmal und eng und schieben sich sehr langsam von den Wundrändern aus zwischen die todte Rinde und den gebräunten Holzkörper. Dadurch unterscheidet sich der Frostbrand wesentlich vom Frostkrebs.

Die durch Harznutzung entstehenden Wunden, welche meist einige Centimeter breite und etwa 2 m lange, von Rinde entblößte Stammstreifen darstellen, sterben erst nach längerer Zeit ab. Bei Fichten sah R. Hartig das Terpentin aus den in den Markstrahlen liegenden Harzkanälen bald nach der Verwundung in Tropfenform hervortreten. Obgleich bei der offnen Verbindung, welche die vertikal im Stamme verlaufenden Harzkanäle mit denen der Markstrahlen haben, eine große Menge Harz der Wunde zu Gebote steht, so hört

doch der Austritt des leichtflüssigen Terpentins in der Regel schon im ersten Jahre auf. Der Terpentin wird durch Verflüchtigung des Terpentinöls und durch Verharzung (Oxydation) dicker. Nach dem Abscharren des Harzes zu beiden Seiten der Harzlachte wird dann der Ueberwallungswulst weggeschnitten, um neue Harzkanäle zu öffnen, oder es werden an andern Baumseiten neue Rindenstreifen fortgenommen. Die im Laufe der Jahre folgende Zersetzung des Holzkörpers alter Harzlachten, die oft durch die tief in's Holz eindringenden Larvengänge von Holzwespen (Sirex) wesentlich gefördert wird, ließ sich bei einem alten Stamme bis 12 m Höhe hinauf beobachten. Es wird also wohl zu berechnen sein, ob der Gewinn durch die Harznutzung den Verlust zu decken im Stande ist, der durch das Sinken der Holznutzung auf die Hälfte bis ein Drittel eintritt.

Wurzelschnitt.

Noch ist die in neuerer Zeit durch Göppert wieder an's Licht gezogene Frage, ob man die Wurzeln überhaupt schneiden soll, nicht zum Abschluß gekommen. Wir halten unsern schon früher anderweitig dargelegten Standpunkt fest, daß die Wurzeln bei unsern Kulturbäumen ebensogut geschnitten werden müssen als die Kronen.

Wir brauchen eine reiche, auf engen Raum zusammengedrängte Wurzelkrone; dazu ist schon an den einjährigen Sämlingen das Schneiden nöthig.

Untersucht man aber die ein- und zweijährigen Sämlinge in den Baumschulen; dann findet man in manchen Schulen 35—50 %, welche aus dem Cambiumringe der Schnittfläche wenige, kurze, schwache Wurzeln getrieben haben. Die Schnittfläche selbst ist zum Theil mit sehr ausgebildetem Callus bedeckt. Solche Exemplare sind zu tief in das alte Wurzelholz hinein zurückgeschnitten worden. Die hier und da maßgebende Regel, die Wurzeln um $1/3$ zurückzuschneiden, hat das Gute für sich, daß im Allgemeinen dadurch die Region bezeichnet wird, wo bei kleiner Schnittfläche schnell eine neue Wurzelastbildung eintritt.

Die in andern Baumschulen angewandte Methode, einjährige Sämlinge am Wurzelhalse mit der ganzen Hand zu umfassen und direkt unter dem Handballen abzuschneiden, wäre auch noch nicht zu verwerfen, wenn die ausübenden Kräfte taxiren könnten, was Wurzel und was in der Erde befindliche Stengelbasis ist. Im Allgemeinen wird aber ein Stück des im Boden befindlichen Stammtheils für Wurzel gehalten und dadurch zu tief in die alte Region der Wurzel, die nur noch schwierig Aeste erzeugt, hineingeschnitten.

Davon, daß bei derartigem Wurzelschnitt eine Wunde, welche nicht in einem Jahre ganz vom Callusgewebe bedeckt wird, leicht Fäulnißerscheinungen zeigt, habe ich mich bei Sämlingen nicht überzeugen können. Selbst die direkte Berührung mit Wasser wirkt auch hier nicht schädlich, sowie überhaupt die Wurzel bei einem stetigen Aufenthalte im Wasser sich ebenso wohl befinden

kann (Drainwurzel), wie im Erdboden; nur muß das Wasser, falls es organische Bestandtheile enthält, mit der Zeit gewechselt werden, so daß es nicht ganz seines Gehaltes an Sauerstoff beraubt und mit Kohlensäure überladen wird.

Bei den in der hiesigen Versuchsstation ausgeführten Wasserkulturen der Obstbäume erlitten einzelne Sämlinge von Apfel, Birne, Kiefer, Ahorn u. A. Krümmungen der Pfahlwurzel dadurch, daß diese den Boden der kleinen Gefäße erreichte und einige Zeit in dieser Lage verblieb; andere Pflanzen waren bei dem Ausheben aus dem Sande an ihrer Wurzelspitze verletzt worden. Beide Arten von Sämlingen entwickelten in der Mehrzahl der Fälle viel früher Seitenwurzeln als die unverletzten, frühzeitig in größere Gefäße versetzten Versuchspflanzen. Dieser Umstand scheint allerdings als Bestätigung für diejenigen verwendbar, welche empfehlen, auch ohne Verletzung lediglich durch Krümmung der Pfahlwurzel bei dem Verpflanzen eine frühzeitige Wurzelverästelung zu erstreben. Wir können dieser Methode jedoch nicht das Wort reden; in schwerem Boden namentlich, wo wir versuchsweise Apfelsämlinge mit gestutzten und mit unverletzten, aber spiralig eingerollten Wurzeln pflanzten, war das Herausnehmen zur zweiten Herbstverpflanzung bei den gerollten Exemplaren ungleich gefährlicher. Es wurde an den Pflanzen zur Erleichterung des Herausnehmens etwas gezogen und hierbei zeigte sich, daß die gerollten Exemplare an der ersten Krümmungsstelle der Wurzel sehr leicht abrissen.

Es empfiehlt sich daher, die Sämlinge gleich bei dem ersten Verpflanzen zu schneiden, so daß sich am Wurzelhalse mehrere Wurzeläste bilden, die in der Nähe der Schnittfläche im zweiten Jahre neue Seitenachsen machen.

Es wird dadurch nicht nur eine Vermehrung der Aufnahmeorgane erlangt, sondern auch die Herstellung eines die Erde zwischen seinen zahlreichen Aesten gut haltenden Wurzelballens erzielt. Das ist aber die Hauptsache bei unsern Kulturbäumen, die niemals, wie die wildwachsenden, an derselben Stelle ihr ganzes Leben hindurch stehen bleiben. Bei einer frühzeitig durch den Schnitt erzielten Verästelung in nächster Nähe des Wurzelhalses und bei einer reichen Verzweigung dieser Wurzeläste durch späteres Schneiden behält der junge Schulbaum seinen für die Ernährung wichtigen Faserwurzelapparat dicht um den Stamm herum. Wenn derselbe aus dem Boden gehoben wird, trifft der heraushebende Spaten, der den Ballen absticht, nur junge Wurzeläste, die er verletzt. Nach dem Einpflanzen bilden diese jungen Aeste aber in der Nähe ihrer Wundstellen wieder neue Faserwurzeln, was nicht oder nur spärlich der Fall ist, wenn das alte Holz der Wurzel verletzt wird.

Wenn man die zum Bepflanzen von Alleen bestimmten Kronenbäume durchmustert, begegnet man häufig genug Exemplaren mit zwei oder drei gabelig abstehenden, unverzweigten, starken Wurzelästen, welche oft $^2/_3$ ihrer Länge verlieren müssen, damit sie in das neue Pflanzloch hineingehen. Die langen,

kahlen Aeste sind dadurch entstanden, daß der Baumschulbesitzer die Bäume zu selten verpflanzt und schlecht geschnitten hat. In Folge dessen haben die Bäume die durch den ersten Schnitt angelegten Wurzeläste zu langen Peitschen ausgetrieben; an ihren Spitzen liegt der verhältnißmäßig spärliche Faserwurzelapparat, der bei dem Abhauen des Wurzelastes natürlich im Boden verbleibt. An der Schnittfläche der Wurzel bilden sich nur wenig neue Faserwurzeln; denn es gilt als allgemeines Gesetz bei unsern Bäumen, daß die Wurzel um so leichter sich verästelt und Faserwurzeln macht, je jünger der fertig verholzte Theil ist, in den die Verletzung fällt. Die aus älteren Theilen adventiv entspringenden Faserwurzeln sind schwächlicher, als die aus jungen Wurzelästen hervorgehenden.

Wenn solche starke, 5—7 jährige Wurzeläste, die sparrig und unverästelt weit im Boden dahin laufen, bei dem Versetzen des Baumes neu abgehauen werden müssen, dann tritt der Fall ein, auf den der erfahrene Göppert sich in seinem Verbote des Wurzelschnittes stützt. Der alte Holzkörper der großen Wundfläche wird nicht mehr durch Ueberwallung gedeckt und fällt einer in die Wurzelkrone hinein sich fortsetzenden Fäulniß anheim.

So schädlich also die große Wunde im alten, vieljährigen Wurzelholze ist, so wenig schädlich und schnell heilend sind die Verwundungen der jungen Wurzeltheile. Prantl[1]) zeigt an Gemüsepflanzen, Erbsen, Pferdebohnen u. A., daß der Verlust der zarten Wurzelspitze durch Neubildung derselben unter Betheiligung aller Gewebesysteme vollkommen ersetzt wird, sobald die Verletzung dicht an der Spitze der Wurzel stattfand. Schnitt er eine Keimwurzel etwas weiter hinter dem Scheitel ab, dann trat auch eine Regeneration ein; aber es betheiligten sich nicht mehr alle Gewebe, sondern nur die jugendlichen Gefäßbündelstränge. Der Schnitt endlich, der fast ausschließlich in der Praxis angewendet wird, nämlich der das fertig gebildete Gewebe verletzende, bringt keine Regeneration der Wurzelspitze mehr zu Wege, sondern es tritt Callusbildung von dem Rindenkörper her ein, wodurch die Schnittfläche überdeckt wird.

Wir sehen also, daß die Wurzelverletzung um so ungefährlicher ist, je jünger der verletzte Theil ist. Daher ist der Wurzelschnitt, wie er zur Erlangung eines transportabeln, verpflanzbaren, mit reichem Faserwurzelapparat versehenen Ballens nothwendig ist, als eine die Gesundheit des Baumes nicht dauernd beeinträchtigende Manipulation durchaus zu empfehlen, vorausgesetzt, daß er von Jugend auf an der Pflanze ausgeübt wird und immer nur jüngere Wurzelparthien betrifft.

Wir verkennen dabei gar nicht die von Göppert in seiner Arbeit (Innere Zustände der Bäume nach äußeren Verletzungen, Breslau 1873) geschilderte

---

[1]) Prantl: „Untersuchungen über die Regeneration des Vegetationspunktes an angiospermen Wurzeln". Würzburg 1873.

Gefahr einer weiter fortschreitenden Fäulniß bei größeren Wunden, die lange ungedeckt bleiben. Die Wurzel ist dem Eintritt einer stetig fortschreitenden Zerstörung noch mehr ausgesetzt als der oberirdische Achsentheil; denn die gleichmäßigere Feuchtigkeit des die Wurzeln umgebenden Erdbodens begünstigt die ungestörte Entwicklung von Pilzen, die sich auf dem absterbenden Organismus ansiedeln und dessen Zersetzung befördern; ferner ist das Wurzelholz lockerer gebaut als das Astholz, bietet also weniger Widerstand dar.

Die Fäulnißerscheinungen des Holzkörpers sind in neuester Zeit von berufener Seite studirt worden. Obgleich diese Studien zunächst die Waldbäume betreffen, so ist doch kaum zu zweifeln, daß sehr ähnliche oder dieselben Zersetzungserscheinungen auch an den Obstbäumen vorkommen.

Wir geben deßhalb hier einen Auszug der obengenannten, von R. Hartig[1]) unternommenen Untersuchungen über die Wundfäule des Holzkörpers. Die parasitären Zersetzungserscheinungen werden an anderer Stelle behandelt werden. Von besonderer Wichtigkeit erscheint uns eine Angabe R. Hartig's gegenüber der jetzt so vielfach verbreiteten Ansicht, daß ein Absterben des Gewebes nur unter Mitwirkung von niedern Organismen erfolgen könne. Verfasser beobachtete den Tod von Holzgewebe in Folge von gerbsaurem Eisen, das sich in der Nähe eines im Eichenstamm steckengebliebenen, abgebrochenen Stahlbohrers gebildet hatte. Die schwarze Färbung des todten Holzkörpers hatte sich im Verlaufe von 3 Jahren in vertikaler Richtung um 10 cm nach oben und unten von dem Bohrer aus weiter verbreitet; in radialer Richtung war die Dintenfärbung etwa um 5 cm vorgedrungen; dagegen war sie seitlich nur um etwa $^1/_2$ cm fortgeschritten. Man ersieht hieraus, daß in der Längsrichtung die Leitung des Giftes eine bedeutende gewesen ist.

Der Tod wird aber nicht nur durch mineralische Gifte, sondern auch durch Imprägnation mit organischen Auflösungsprodukten, die man vorläufig etwa als Humuslösung bezeichnen kann, bewirkt. Wenn derartige flüssige Produkte zerfallender Pflanzensubstanz in Berührung mit lebenden Zellen treten, so sterben dieselben auch allmählich ab. Die Untersuchung von wundfaulem Holze zeigt fast immer im Innern der Zellen und Gefäße jene löslichen Zersetzungsprodukte, die nach dem Austrocknen sich als Kruste auf der Wandung ablagern oder als brüchige, nach verschiedener Richtung beim Trocknen rissig gewordene, gelbe oder bräunliche Substanz das ganze Innere fast ausfüllen können. Die hierdurch bedingte, schwarzbraune Färbung bezeichnet R. Hartig als charakteristisches Merkmal der Wundfäule, was gegenüber den verschiedenen Zersetzungen durch Pilze wohl zutreffend sein möchte, indeß allgemeine Gültigkeit nicht hat. Die dunkle Färbung bei Wundholz wird durch Uebertritt von

[1]) R. Hartig: Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelbäume und der Eiche. Berlin 1878.

gummiartigen oder harzigen, aus Stärke und andern Reservestoffen hervorgehenden Lösungsprodukten erzeugt, welche allmählich, namentlich in Berührung mit atmosphärischem Wasser in Humifikation übergehen und dabei die Membranen selbst lösen. Wenn eine Lösung derartiger Zersetzungsprodukte das Absterben weiter ausbreitet, dann empfiehlt es sich vor allen Dingen, das Lösungsmittel dieser giftig wirkenden Substanz, nämlich das Wasser, fernzuhalten. Hauptsächlich kommt dasselbe von außen; die oberirdischen Wunden lassen sich durch künstlichen Verschluß bis zur vollständigen Ueberwallung decken, aber weit schwieriger ist dies bei Wurzelverletzungen, die sich oft einstellen, ohne bemerkt zu werden. Theile von Wurzeln können dadurch in Fäulniß gerathen, daß sie vom atmosphärischen Sauerstoff abgeschlossen sind, daß sie bei flachem Verlaufe vom Frost beschädigt werden 2c.

Von welcher Art die Zersetzung bei der Wundfäule ist, läßt sich vorläufig nicht genauer angeben. Nach der Elementaranalyse von Schütze zeigte wundfaules Fichtenholz einen größeren Kohlenstoffgehalt gegenüber dem gesunden. Ebenso ist der Aschengehalt ein sehr hoher, da bei der Fäulniß ein Theil der organischen Substanz schwindet, ohne daß die Mineralbestandtheile vermindert würden. Von stark zersetztem, wundfaulem Fichtenholze fand R. Hartig 41,48 % der Substanz in verdünntem Ammoniak löslich.

Die gefährlichsten Wurzelwunden werden diejenigen den starken Wurzelästen beigebrachten Verletzungen sein, die ein Anfaulen des Kernholzes einleiten; derartige Fäulnißerscheinungen setzen sich in die Stammbasis hinein fort und können ein Hohlwerden der Stämme einleiten. Verwundungen, die bei offner Lage der Wurzeläste selbst in großer Ausdehnung ohne Belang für die Gesundheit des Baumes sind, wie die Beschädigungen durch Viehtritt, durch Wagenräder u. dgl. können zu Heerden weitergreifender Fäulniß in einem nassen, undurchlassenden Boden werden. Die einzelnen Baumarten verhalten sich sehr verschieden gegenüber den Verwundungen, die z. B. bei der Fichte Ursache einer in den Wurzelstock und das untere Stammende sich fortsetzenden Fäulniß werden können, während sie bei der harzreichen Kiefer schnell sich schließen. Rapider geht die Fäulniß weiter, wenn sich das Mycel des Hallimasch (Agaricus melleus) an der Wundfläche ansiedelt; das Holz wird dann in eine blätterige, sehr wasserreiche, braune Substanz umgewandelt. Als bemerkenswerth erwähnt R. Hartig den Umstand, daß an Wurzelwunden häufig die große Ameise (Formica herculeana) eindringt und ihre großen Gänge einige Meter hoch im Holze des Stammes (und zwar mit Vorliebe im Frühjahrsholze) ausgräbt.

Für die Wundheilung ist aber auch die Zeit und Art des Verpflanzens unserer Bäume von Wichtigkeit. Leitend für die Bestimmung des passendsten Zeitpunktes zum Verpflanzen wird für uns die Aufgabe sein, die Schnittflächen möglichst kurze Zeit einer stagnirenden Nässe auszusetzen, also

die Ueberwallung so bald als thunlich nach der Verletzung in Wirksamkeit treten zu lassen. Demgemäß wird in erster Linie der Zeitpunkt kurz vor Eintritt der Vegetation oder bei einzelnen Gehölzen noch besser schon bei beginnender Knospenentfaltung in's Auge zu fassen sein. Diese Frühjahrspflanzung wird aber nicht immer in der Praxis empfehlenswerth bleiben. So wichtig es einerseits ist, die dauernde Nässe in einem an organischen Resten reichen Boden von den Wurzeln fernzuhalten, so nothwendig ist es andererseits, den verpflanzten Baum, auf dessen augenblickliche vegetative Thätigkeit noch gerechnet wird, mit einer gehörigen Menge von Wasser zu versorgen. Ich bin der Meinung, daß sowohl die Schnittfläche als auch selbst ein fauliges Wurzelstück noch im Stande sind, mechanisch Wasser aufzunehmen und weiter zu leiten. Bei Wasserkulturen, deren sämmtliche Wurzeln faulig waren, fand ich zwar eine verminderte Verdunstung, aber kein Vertrocknen der oberirdischen Achse. Die Pflänzchen standen meist im Freien und wurden nur vor starker Besonnung geschützt. Grade bei Beginn der Vegetation wird der Pflanzenkörper viel Wasser in Anspruch nehmen und der Ueberwallungsprozeß an den Wurzeln um so schneller eintreten, je schneller die Krone sich entfaltet und von dort plastisches Material der Wurzel zur Verfügung gestellt wird.

Wir werden also die Frühjahrspflanzung nur in solchen Oertlichkeiten mit Vortheil vornehmen, in denen ein schwerer Boden lange die Winternässe hält; hat man es dagegen mit sehr leichtem Boden zu thun, dann empfiehlt sich das Verpflanzen im Herbste und zwar so früh im Herbste, daß der noch nicht zur Ruhe gekommene Baum sein abwärts in die Wurzeln wanderndes Material noch zur Ueberwallung der Wundfläche verwenden kann. Trotz dieses Wunsches einer frühen Herbstpflanzung werden viele Baumzüchter durch die überhäuften andern Herbstarbeiten oft genug mit ihrer Baumpflanzung in den Winter hinein gedrängt. In diesem Falle ist es natürlich am gefahrlosesten, mit Frostballen zu versetzen; geht dies aber nicht an, dann warte man wegen der drohenden Frostwirkungen auf die Schnittwunden lieber bis zum Frühjahr d. h. bis März und April bei Eichen, Buchen u. dgl. hartholzigen Laubbäumen und bei Coniferen noch länger, da dieselben erst etwa im Mai neue Wurzeln treiben. Manche Praktiker befolgen auch den Grundsatz, jüngere Bäume im Frühjahr, ältere im Herbst zu pflanzen. Kaum besonders zu erwähnen ist, daß man einen Baum selbst mitten in der kräftigsten Vegetation, also schon im völlig beblätterten Zustande verpflanzen kann, sobald man im Stande ist, das Vertrocknen der Krone durch Beschattung und häufiges Bespritzen, verbunden mit reichlichstem Bewässern der Wurzeln zu verhüten.

Das Bluten.

Es ist im vorigen Abschnitt erwähnt worden, daß man in Rücksicht auf die Frostbeschädigung der Schnittwunden der Frühjahrspflanzung und damit

dem Frühjahrsschnitt den Vorzug geben könne. Diese Empfehlung des Frühjahrsschnittes bezieht sich aber zunächst nur auf die verpflanzten Gehölze, welche in Folge der bei dem Verpflanzen eingetretenen Wurzelbeschädigungen nicht der Gefahr des Blutens ausgesetzt sind.

Unter „Bluten" oder „Thränen" der Pflanzen verstehen wir den Austritt flüssigen Wassers aus Wundstellen; dieselben sind in der Regel frisch entstanden; indeß treten auch Blutungen aus alten Wunden auf. Die Blutung ist nicht mit dem gar nicht selten bei den verschiedensten Familien sich zeigenden Austritt von Wasser aus unverletzten Pflanzentheilen zu verwechseln. Viele Blätter haben normale Wasserspalten, durch welche sie bei herabgedrückter Verdunstung und großem Wasserreichthum des Gewebes überschüssiges Wasser hervorpressen. Es sind solche Wasserspalten mit Sicherheitsventilen zu vergleichen, die eine hochgradige, gefährlich werdende Turgescenz der Gewebe herabmindern. Würde ein solcher Wasseraustritt nicht erfolgen, dann würden wahrscheinlich die übermäßig strotzenden Gewebe an der Stelle des geringsten Widerstandes aufreißen, wie wir dies an wassersüchtigen Stengeln (Ribes, Lycopus etc.) wahrnehmen können.

Außerdem haben wir wässerige Ausscheidungen vielfach an Nectarien zu beobachten Gelegenheit und diese vollziehen sich auch bei schwacher Turgescenz der Gewebe, ja erscheinen bisweilen grade bei sonnig heißem Wetter am ausgiebigsten. Bei diesen Ausscheidungen handelt es sich nicht um eine Erleichterung des Pflanzentheiles von überschüssigem Wasser; hier werden wir in den dünnzelligen Organen die Bereitung von Stoffen als Ursache ansehen müssen, welche zu ihrer Verdünnung Wasser aus den umgebenden Zellen aufsaugen. Während hier also ein Saugungsvorgang stattfindet, zeigt sich bei dem Austritt von Wasser aus den Wasserspalten und den blutenden Wunden ein Herauspressen aus den Zellen in leere Nebenräume, die endlich in die Ausgangsöffnungen münden.

Der große Unterschied aber zwischen dem Austritt von Wasser aus Wasserspalten und dem aus Wundstellen besteht darin, daß im ersteren Falle eine normale Entledigung überschüssiger Flüssigkeit, im letzteren Falle aber eine im Haushalt der Pflanze nicht vorgesehene Wasserabgabe erfolgt. Ohne die Wundstellen würde die feste, meist durch Korkbildung verstärkte, äußere Umkleidung des Pflanzentheils den Druck des wasserstrotzenden Innengewebes ausgehalten und den Zustand hoher Turgescenz des Gewebes erhalten haben. Ein solcher Zustand höchster Straffheit ist aber für gewisse Entwicklungsphasen, wie z. B. für den Laubausbruch, günstig und nothwendig. Wird die Turgescenz in diesen Perioden vermindert, so leiden die auf solchen Gewebezustand angewiesenen Vorgänge, und es ist somit das Bluten immer als ein Schwächungsvorgang aufzufassen.

Das stärkste Bluten sehen wir in der Frühjahrsperiode eintreten, wenn

der Laubkörper noch nicht vorhanden oder noch nicht sehr energisch thätig ist. Ist erst der Laubapparat mit seiner intensiven Verdunstungsthätigkeit im Gange, dann kann man nur in seltenen Fällen oder unter künstlicher Nachhülfe den Blutungsvorgang in die Erscheinung treten sehen.

Wir übergehen die Erwähnung der sehr zahlreichen, physiologischen Arbeiten, welche seit dem vorigen Jahrhundert zwecks Erforschung der Mechanik des Blutungsvorganges angestellt worden sind und begnügen uns mit dem Hinweis auf solche Untersuchungen, welche unsere Anschauung von dem schwächenden Einflusse des Blutens bestätigen sollen.

Zu diesem Zwecke genügen einige Beispiele von der Intensität der Druckkraft, welche die Blutungssäfte empor treibt. Die größte praktische Bedeutung hat das Bluten des Weinstockes. Schon Hales[1]) beobachtete am Weinstock eine Blutungskraft, die einer Wassersäule von 30 engl. Fuß und 11" entsprach; die Aufsatzstelle des Manometerrohres war 44' 3" vom Wurzelkörper entfernt. Clarke[2]) will sogar bei einem Stück Birkenwurzel, welches vom Stamm durch Herausschneiden eines Stückes getrennt war, einen Druck beobachtet haben, der einer Wassersäule von 85,8' im Maximum gleich kam; bei Wein fand er den Druck entsprechend einer Wassersäule von 49,5'. Mohr, der die Hales'schen Versuche wiederholte, beobachtete den Blutungsdruck gleich einer Wassersäule von 27,02', gleich einer Quecksilbersäule von ungefähr 50 cm Höhe, und Neubauer[3]) sah bei 0° C. im Jahre 1872 bei Wein die Quecksilbersäule im Steigrohr auf 49,2 cm Höhe, im Jahre 1873 bei sehr warmem Wetter im April auf 112 cm steigen. Mit der Blattentwicklung hörte der hohe Blutungsdruck auf, weil nun die Blätter durch ihre Verdunstung das Wasser wegsaugten. Um sich einen Begriff von der Saugkraft der Blätter zu machen, ließ Neubauer durch einen Zweig mit 340 qcm Blattoberfläche eine Quecksilbersäule heben; dieselbe stieg bis auf 18,6 cm bei 21° C.; ein andrer Zweig mit 454 qcm Blattfläche hob das Quecksilber bis zu 14,3 cm Höhe.

Von Bedeutung für den Beweis des schwächenden Einflusses des Blutens ist die Angabe der Quantitäten Saft, welche verloren gehen können. Es wurde von v. Canstein[4]) beobachtet, daß die bei den einzelnen Reben ungemein wechselnden, täglichen Ausflußmengen zwischen 10 und 950 cc schwankten. Der Gesammtverlust eines Stockes innerhalb der ganzen Blutungsperiode schwankte von 0,76 l bis zu 20,15 l.

---

[1]) Vegetable Staticks, London 1731, I, S. 117.

[2]) Nach American Journal of science, May 74, cit. in Biedermann's Centralbl. 1875, I, S. 258.

[3]) Neubauer u. v. Canstein: Untersuchungen des im Frühjahr aus den frisch geschnittenen Reben ausfließenden Saftes &c. Annalen der Oenologie, Bd. IV, 1874, Heft 4, S. 499 ff.

[4]) a. a. O., S. 517 ff.

Es handelt sich schließlich noch um die Qualität des ausfließenden Saftes, um zu zeigen, wieviel feste Substanz dem Stock verloren gehen kann. Nach den Untersuchungen von Neubauer enthielt der im frischen Zustande wasserhelle, neutrale aber leicht durch Bakterienvegetation sich trübende und dann alkalisch reagirende Saft (gesammelt im trocknen Jahre 1874) pro Liter 2,1204 g fester Substanz; davon waren 0,7408 g Mineralbestandtheile und 1,3796 organische Substanz. Eine Aschenanalyse ergab an Kali 10,494 %, Schwefelsäure 1,437 %, Eisenoxyd 0,188 %, Phosphorsäure 2,822 %, Kalk 41,293 %, Magnesia 5,534 %, Kohlensäure 34,791 %, Chlor 2,857 %, Kieselsäure 0,810 % der Rohasche. Außerdem fanden sich ein organisches Magnesiasalz, Gummi, Zucker, weinsteinsaurer Kalk, Inosit, Bernsteinsäure, Oxalsäure und unbekannte Extraktivstoffe vor.

Rotondi und Ghizzoni[1]) geben neben Stärke auch Zucker an, den die Neubauer'schen Untersuchungen im frischen Saft nicht erkennen ließen. Erst der eingedunstete Saft, welcher unter Abgabe von Kohlensäure, Ausscheidung von phosphorsaurem Kalk und Gelbfärbung eine schwachsaure Reaktion annahm, zeigte alle Zuckerreaktionen.

Aus diesen wenigen Angaben ist zur Genüge ersichtlich, daß man alle Ursache hat, das Thränen der Reben möglichst einzuschränken. Wenn man aber im Frühjahr schneiden muß, so thue man dies recht früh im Jahre, bevor die Rebe geweckt wird. In der Regel freilich verzögert sich die Arbeit; in diesem Falle schneide man womöglich an trüben und kühlen Tagen, weil diese die geringsten Ausflußmengen liefern; vor allen Dingen beginne man mit den starktriebigen, in der Regel wasserreicheren Sorten, die den größten Saftverlust erleiden und zu den in Folge übermäßiger Blutung auftretenden Schwächezuständen, wie verspätetes Blühen, unregelmäßige Zeitigung der Trauben und ungenügende Holzreife am meisten neigen.

Schnitt im belaubten Zustande (Sommerschnitt).

Entspitzen (Pinciren).

Die Bemühungen des Züchters, durch den Winterschnitt die Zweige zum Fruchtansatz zu bringen, sind nicht selten erfolglos. Er unterstützt daher den Winterschnitt durch den Sommerschnitt.

Derselbe hat unter allen Umständen eine absolute Schwächung des Baumes zur Folge, da er den Baum eines Theiles seines so eben gebildeten Assimilationsapparates beraubt. Dieser Apparat, d. i. der Blattkörper, bezieht nur in der ersten Jugend das Material zu seiner Bildung aus der Achse. Das Blatt arbeitet schon mit seiner Spitze selbstständig, wenn die Basis oft noch nicht

[1]) Biedermann's Centralbl. 1879, S. 527.

einmal vollständig entfaltet ist, so daß also die Spitze zur Ernährung der Blattbasis unter Umständen schon beitragen kann. Die Entfernung junger Zweige ist also insofern eine Schwächung der Achse, als diese nun zur Bildung eines neuen Blatttriebes an Stelle des fortgenommenen wieder Reservestoffe hergeben muß. Ferner geht ihr aber auch das plastische Material zur Herstellung ihres Verdickungsringes zunächst verloren, das der weggenommene Trieb in kurzer Zeit der Achse zugeführt haben würde.

Diese absolute Schwächung einzelner Theile aber kann bei dem Kulturbaum, welcher im Verhältniß zum wildwachsenden Stamme eine reichere Produktion aufweist, außer Betracht gelassen, mindestens nicht für schädlich angesprochen werden, wenn dadurch eine relative Kräftigung, eine lokale Steigerung der Wachsthumsenergie anderer Theile hervorgebracht oder eine günstige Modifikation im Wachsthum des Individuums veranlaßt wird.

Der letztere Zweck wird z. B. vermöge des Sommerschnittes bei einer durch zu starkes Holzwachsthum bedingten Unfruchtbarkeit erreicht. Der starkwüchsige Baum wird durch Entspitzen der grünen Triebe zunächst seiner Hauptvegetationspunkte, an denen die größte Zellvermehrung herrscht, beraubt. In Folge dessen vermehrt sich die Wasserzufuhr zu dem Gewebe der noch unvollkommen entwickelten Seitenknospen. Während nun die höchst stehenden Seitenknospen des früh entspitzten Zweiges allmählich zu Trieben auswachsen, schwellen die unteren meist nur an und werden zu Blüthen tragenden Zweigen vorbereitet. Die Vorbereitung liegt in der Aenderung der Gewebe des aus der Knospe sich entwickelnden Triebes. Je stärker die Wasserzufuhr zu den unteren Knospen durch die Entspitzung wird, desto mehr werden deren Zellen durch ihren inneren Wasserdruck (Turgor) ausgedehnt, desto mehr tritt aber auch die Parenchymbildung selbst gegenüber den verholzten Elementen in den Vordergrund. Es wird also mehr und weiteres Parenchym gebildet (wie die anderweitig veröffentlichten Messungen der Holz- und Fruchtzweige beweisen); das Parenchym ist aber der Speicher für die Reservenahrung, mithin ist dieser Speicher in den unteren Augen vermehrt worden, so daß sie allmählich im Stande sind, Blüthenknospen zu entwickeln.

Dieses Entspitzen der jungen, etwa 8—12 cm langen Triebe heißt auch „Pinciren“.

Je später innerhalb der Sommermonate die Prozedur vorgenommen, um so nachhaltiger wird der Erfolg in Rücksicht auf das Anschwellen der unteren Zweigknospen sein. Während man im Mai noch mit dem allgemeinen, starken Wasserauftrieb des Frühjahrs kämpfen muß und im Juli bei Hervortritt des sog. zweiten Triebes auf dieselben Schwierigkeiten stößt, hat man im August bei dem eigentlichen Sommerschnitt bereits die Hauptwasserzufuhr überwunden. Die nach dem Schnitt sich entwickelnden, neuen Triebe sind nicht mehr so geneigt zu bedeutender Streckung ihrer Internodien (Zweigglieder), und das reich-

lich von den Blättern gelieferte, plastische Material lagert sich stärker in den parenchymatischen Geweben der verkürzten Glieder ab.

Eine allgemeingültige Angabe über die absolut beste Zeit des Schneidens oder Pincirens läßt sich nicht machen; ebenso wenig läßt sich eine feste Regel über die Nothwendigkeit und die Zeit einer etwaigen Wiederholung des Verfahrens geben.

Der Baumzüchter muß in jedem einzelnen Falle auf Varietät, Boden und Klima und die dadurch bedingte Entwicklung der Bäume Rücksicht nehmen.

Was der Augustschnitt in Bezug auf Kräftigung der Seitenaugen nicht vollbringt, kann in Gegenden mit langem Herbst der „Oktober- oder Herbstschnitt" durch Entfernung der Zweigspitzen vollenden.

Ein so spät ausgeführter Schnitt hat den Vortheil, daß man tiefer zurückschneiden, also den Wasserdruck des Baumes auf weniger Knospen vertheilen kann, ohne noch Gefahr zu laufen, irgend eine Knospe zur Triebentwicklung zu reizen. Der einmal vorhandene Wasserdruck wird, soweit er vom Wurzeldruck herzuleiten ist, durch das Abschneiden der oberen Zweigtheile nicht vermindert, sondern durch die Vertheilung auf eine geringere Anzahl von Augen sogar vermehrt; aber dieser Wurzeldruck muß jetzt seine Wirkung auf andere ältere, schon seit längerer Zeit gebildete und daher zur Streckung und Vermehrung nicht so leicht geneigte, ruhigere Gewebemassen, auf die weniger entwickelten, basalen Zweigknospen mehr vertheilen, welche, so lange der Trieb an der Spitze wuchs, nur wenig Vortheil hatten, aber jetzt durch den größeren Turgor ihrer Zellen sich in ihren jugendlichen, noch dehnbaren Theilen erweitern, mehr Reservebaustoffe speichern und im Frühjahr bei dem Erwachen der Vegetation unter günstigeren Bedingungen, wie früher sich entwickeln können. Die aus ihnen hervorgehenden Triebe sind bei dem richtigen, d. h. nicht übermäßig viel entfernenden Schnitt, kurz. Je kürzer aber die Achse für eine bestimmte Blattmenge, desto reichlicher die Ablagerung der von den Blättern gelieferten Baustoffe innerhalb dieser Achse und desto eher die Gelegenheit für diese, Fruchtknospen zu bilden.

Wird der Schnitt irrthümlich oder absichtlich (z. B. bei schwachtriebigen Exemplaren) sehr kurz geführt, d. h. wird sehr viel fortgeschnitten, so daß also nur etwa $^1/_8$ des Zweiges stehen bleibt, dann kann die Vermehrung des Wasserdruckes im Frühjahr auf alle stehengebliebenen Augen derartig stark sein, daß sie sich sämmtlich zu kräftigen Holztrieben entwickeln. Dann ist der Oktoberschnitt ein „Schneiden auf Holz" gewesen.

Auf die Frage, welchen Einfluß die durch den Sommerschnitt hervorgerufenen Wunden auf das Leben des Stammes ausüben, müssen wir die Fälle einzeln in Betracht ziehen.

einmal vollständig entfaltet ist, so daß also die Spitze zur
Blattbasis unter Umständen schon beitragen kann. Die
Zweige ist also insofern eine Schwächung der Achse, als
eines neuen Blatttriebes an Stelle des fortgenomm
hergeben muß. Ferner geht ihr aber auch das
stellung ihres Verdickungsringes zunächst verlor
Trieb in kurzer Zeit der Achse zugeführt hab

Diese absolute Schwächung einzelner The
welcher im Verhältniß zum wildwachsend
aufweist, außer Betracht gelassen, min
werden, wenn dadurch eine relative
Wachsthumsenergie anderer Theile h
im Wachsthum des Individuums ... des, daß

Der letztere Zweck wird ... dern schon festerer
durch zu starkes Holzwachsthu ... in denjenigen Baum-
wüchsige Baum wird durch ... teinobstes durch den Schnitt
vegetationspunkte, an dene ... Baumschulen schneiden die Frucht-
Folge dessen vermehrt ... mentlich wenn der sog. „Hakenschnitt“
kommen entwickelten S ... obst ist bekanntlich der Schnitt des Frucht-
knospen des früh ent ... bei dem Kernobst, was daher kommt, daß die
die unteren meist ... obstzweiges, welche einmal Früchte getragen, nicht
bereitet. Die ... entwickeln, sondern kahl bleiben. Die Fruchtknospen-
Knospe sich en ... höher am Zweige hinauf auf die Zweigchen oberer Augen,
Knospen du ... dem Kernobst dieselbe Zweigparthie neue Fruchtknospen entwickeln
ihren inner ... immer bekleidet bleibt. Der Hakenschnitt hilft nun dem Kahlwerden
Parench ... holzes dadurch ab, daß er dasselbe alljährlich regenerirt, indem er
grund. ... der Basis der Fruchtzweige stehenden, wenig entwickelten 2—4 Augen
weiti ... Abschneiden der darüberliegenden, fruchtbar gewesenen Parthie bald nach
Pa ... Fruchtreife entfernt. Es entwickeln sich dann aus dieser Zweigbasis etwa
S ... neue Triebe, von denen der schwächere fortwährend gestutzt, der stärkere
... Fruchtzweig herangezogen wird, um im nächsten Jahre demselben Zurück-
schneiden zu unterliegen.

Gleichviel nun, welche Schnittmethode man anwendet, so hat man in allen Fällen darauf zu sehen, daß solche Schnittwunden nicht gleichzeitig zu zahlreich und nicht zu dicht über dem Auge ausgeführt werden.

Dies bezieht sich namentlich auf üppig vegetirendes Steinobst. Die kurz vor oder während der Laubentwicklung beigebrachten Schnittwunden schließen sich zwar schnell, aber stören auch leicht das Gleichgewicht der Krone. Fällt die Zeit dieser Schnittwunden noch in die Periode des starken Wasseraustriebes, so werden durch zahlreiche Wunden nicht nur oft die Gipfelaugen der stehen-gebliebenen Parthien zu unnützen, geilen Holztrieben ausgebildet, die immer

…en müssen, sondern es kann auch der anatomische Bau ein… …her Weise alterirt werden. Man findet, daß stellen… …ing mehr aus Holzparenchym als aus derbwandigen … Solche Stellen von Wuchergewebe verfallen bei …fizirung, und man findet dann kleine, all… …in noch äußerlich ganz gesund aussehenden …

…gern in der Nähe der Augen auf; …llt sich zur Zeit der Speicherung … im Winter viel leichter der …nd an diesen Stellen ein … kleine Frostrisse oder auch …

… hat zwar den großen Vortheil, daß … Ueberwallungsränder bildet, daß die nach …knospen noch anschwellen und daß bei Pflanzen …, wie bei Wein, der Saftaustritt aus der Wund… …thränen) vermieden wird, allein er hat auch den Nachtheil, …uche durch Winterfröste leiden kann, da durch den Schnitt am … parenchymreichere Zone in der Nähe der Augen bloßgelegt wird. … diese Gefahr kann man sich schützen, wenn man nicht dicht über dem Auge schneidet, sondern ein Stück Zweigglied („Zapfen“) über dem obersten Auge stehen läßt. Erst im folgenden Sommer werden diese Zapfen dann gänzlich fortgeschnitten.

g) Weitere Hülfsmittel des Kulturschnittes.

Das Biegen der Zweige.

(Hierzu Taf. XI).

Die Erfahrung zeigt, daß Triebe, welche senkrecht in die Höhe wachsen, am schnellsten und am kräftigsten sich entwickeln und daß das Längenwachsthum um so mehr verlangsamt erscheint, je mehr der Zweig aus seiner natürlichen Lage herausgebogen erscheint. Eine solche Verlangsamung des Wachsthums findet auch statt, wenn bei kräftigen Bäumen, deren Habitus sparrig ist, deren Zweige also ihrer natürlichen Anlage gemäß stark zur Horizontalen geneigt sind, in die Vertikale gebogen werden. Gleichzeitig wird mit der Verminderung des Längenwachsthums aber auch die Ausbildung der Augen verändert, indem die unterhalb der Biegungsstelle liegenden Augen schwellen und in der Regel zum theilweisen Austreiben bewogen werden. Es kommt nun wesentlich auf die Zeit des Biegens und die Höhe am Zweige, in welcher die Manipulation ausgeführt wird, an. Je mehr die Biegung nach der Spitze hin stattfindet, desto

Gefahr einer weiter fortschreitenden Fäulniß bei größeren Wunden, die lange ungedeckt bleiben. Die Wurzel ist dem Eintritt einer stetig fortschreitenden Zerstörung noch mehr ausgesetzt als der oberirdische Achsentheil; denn die gleichmäßigere Feuchtigkeit des die Wurzeln umgebenden Erdbodens begünstigt die ungestörte Entwicklung von Pilzen, die sich auf dem absterbenden Organismus ansiedeln und dessen Zersetzung befördern; ferner ist das Wurzelholz lockerer gebaut als das Astholz, bietet also weniger Widerstand dar.

Die Fäulnißerscheinungen des Holzkörpers sind in neuester Zeit von berufener Seite studirt worden. Obgleich diese Studien zunächst die Waldbäume betreffen, so ist doch kaum zu zweifeln, daß sehr ähnliche oder dieselben Zersetzungserscheinungen auch an den Obstbäumen vorkommen.

Wir geben deßhalb hier einen Auszug der obengenannten, von R. Hartig [1]) unternommenen Untersuchungen über die Wundfäule des Holzkörpers. Die parasitären Zersetzungserscheinungen werden an anderer Stelle behandelt werden. Von besonderer Wichtigkeit erscheint uns eine Angabe R. Hartig's gegenüber der jetzt so vielfach verbreiteten Ansicht, daß ein Absterben des Gewebes nur unter Mitwirkung von niedern Organismen erfolgen könne. Verfasser beobachtete den Tod von Holzgewebe in Folge von gerbsaurem Eisen, das sich in der Nähe eines im Eichenstamm steckengebliebenen, abgebrochenen Stahlbohrers gebildet hatte. Die schwarze Färbung des todten Holzkörpers hatte sich im Verlaufe von 3 Jahren in vertikaler Richtung um 10 cm nach oben und unten von dem Bohrer aus weiter verbreitet; in radialer Richtung war die Dintenfärbung etwa um 5 cm vorgedrungen; dagegen war sie seitlich nur um etwa $^1/_2$ cm fortgeschritten. Man ersieht hieraus, daß in der Längsrichtung die Leitung des Giftes eine bedeutende gewesen ist.

Der Tod wird aber nicht nur durch mineralische Gifte, sondern auch durch Imprägnation mit organischen Auflösungsprodukten, die man vorläufig etwa als Humuslösung bezeichnen kann, bewirkt. Wenn derartige flüssige Produkte zerfallender Pflanzensubstanz in Berührung mit lebenden Zellen treten, so sterben dieselben auch allmählich ab. Die Untersuchung von wundfaulem Holze zeigt fast immer im Innern der Zellen und Gefäße jene löslichen Zersetzungsprodukte, die nach dem Austrocknen sich als Kruste auf der Wandung ablagern oder als brüchige, nach verschiedener Richtung beim Trocknen rissig gewordene, gelbe oder bräunliche Substanz das ganze Innere fast ausfüllen können. Die hierdurch bedingte, schwarzbraune Färbung bezeichnet R. Hartig als charakteristisches Merkmal der Wundfäule, was gegenüber den verschiedenen Zersetzungen durch Pilze wohl zutreffend sein möchte, indeß allgemeine Gültigkeit nicht hat. Die dunkle Färbung bei Wundholz wird durch Uebertritt von

---

[1]) R. Hartig: Die Zersetzungserscheinungen des Holzes der Nadelbäume und der Eiche. Berlin 1878.

gummiartigen oder harzigen, aus Stärke und andern Reservestoffen hervorgehenden Lösungsprodukten erzeugt, welche allmählich, namentlich in Berührung mit atmosphärischem Wasser in Humifikation übergehen und dabei die Membranen selbst lösen. Wenn eine Lösung derartiger Zersetzungsprodukte das Absterben weiter ausbreitet, dann empfiehlt es sich vor allen Dingen, das Lösungsmittel dieser giftig wirkenden Substanz, nämlich das Wasser, fernzuhalten. Hauptsächlich kommt dasselbe von außen; die oberirdischen Wunden lassen sich durch künstlichen Verschluß bis zur vollständigen Ueberwallung decken, aber weit schwieriger ist dies bei Wurzelverletzungen, die sich oft einstellen, ohne bemerkt zu werden. Theile von Wurzeln können dadurch in Fäulniß gerathen, daß sie vom atmosphärischen Sauerstoff abgeschlossen sind, daß sie bei flachem Verlaufe vom Frost beschädigt werden ꝛc.

Von welcher Art die Zersetzung bei der Wundfäule ist, läßt sich vorläufig nicht genauer angeben. Nach der Elementaranalyse von Schütze zeigte wundfaules Fichtenholz einen größeren Kohlenstoffgehalt gegenüber dem gesunden. Ebenso ist der Aschengehalt ein sehr hoher, da bei der Fäulniß ein Theil der organischen Substanz schwindet, ohne daß die Mineralbestandtheile vermindert würden. Von stark zersetztem, wundfaulem Fichtenholze fand R. Hartig 41,48 % der Substanz in verdünntem Ammoniak löslich.

Die gefährlichsten Wurzelwunden werden diejenigen den starken Wurzelästen beigebrachten Verletzungen sein, die ein Anfaulen des Kernholzes einleiten; derartige Fäulnißerscheinungen setzen sich in die Stammbasis hinein fort und können ein Hohlwerden der Stämme einleiten. Verwundungen, die bei offner Lage der Wurzeläste selbst in großer Ausdehnung ohne Belang für die Gesundheit des Baumes sind, wie die Beschädigungen durch Viehtritt, durch Wagenräder u. dgl. können zu Heerden weitergreifender Fäulniß in einem nassen, undurchlassenden Boden werden. Die einzelnen Baumarten verhalten sich sehr verschieden gegenüber den Verwundungen, die z. B. bei der Fichte Ursache einer in den Wurzelstock und das untere Stammende sich fortsetzenden Fäulniß werden können, während sie bei der harzreichen Kiefer schnell sich schließen. Rapider geht die Fäulniß weiter, wenn sich das Mycel des Hallimasch (Agaricus melleus) an der Wundfläche ansiedelt; das Holz wird dann in eine blätterige, sehr wasserreiche, braune Substanz umgewandelt. Als bemerkenswerth erwähnt R. Hartig den Umstand, daß an Wurzelwunden häufig die große Ameise (Formica herculeana) eindringt und ihre großen Gänge einige Meter hoch im Holze des Stammes (und zwar mit Vorliebe im Frühjahrsholze) ausgräbt.

Für die Wundheilung ist aber auch die Zeit und Art des Verpflanzens unserer Bäume von Wichtigkeit. Leitend für die Bestimmung des passendsten Zeitpunktes zum Verpflanzen wird für uns die Aufgabe sein, die Schnittflächen möglichst kurze Zeit einer stagnirenden Nässe auszusetzen, also

die Ueberwallung so bald als thunlich nach der Verletzung in Wirksamkeit treten zu lassen. Demgemäß wird in erster Linie der Zeitpunkt kurz vor Eintritt der Vegetation oder bei einzelnen Gehölzen noch besser schon bei beginnender Knospenentfaltung in's Auge zu fassen sein. Diese Frühjahrspflanzung wird aber nicht immer in der Praxis empfehlenswerth bleiben. So wichtig es einerseits ist, die dauernde Nässe in einem an organischen Resten reichen Boden von den Wurzeln fernzuhalten, so nothwendig ist es andererseits, den verpflanzten Baum, auf dessen augenblickliche vegetative Thätigkeit noch gerechnet wird, mit einer gehörigen Menge von Wasser zu versorgen. Ich bin der Meinung, daß sowohl die Schnittfläche als auch selbst ein fauliges Wurzelstück noch im Stande sind, mechanisch Wasser aufzunehmen und weiter zu leiten. Bei Wasserkulturen, deren sämmtliche Wurzeln faulig waren, fand ich zwar eine verminderte Verdunstung, aber kein Vertrocknen der oberirdischen Achse. Die Pflänzchen standen meist im Freien und wurden nur vor starker Besonnung geschützt. Grade bei Beginn der Vegetation wird der Pflanzenkörper viel Wasser in Anspruch nehmen und der Ueberwallungsprozeß an den Wurzeln um so schneller eintreten, je schneller die Krone sich entfaltet und von dort plastisches Material der Wurzel zur Verfügung gestellt wird.

Wir werden also die Frühjahrspflanzung nur in solchen Oertlichkeiten mit Vortheil vornehmen, in denen ein schwerer Boden lange die Winternässe hält; hat man es dagegen mit sehr leichtem Boden zu thun, dann empfiehlt sich das Verpflanzen im Herbste und zwar so früh im Herbste, daß der noch nicht zur Ruhe gekommene Baum sein abwärts in die Wurzeln wanderndes Material noch zur Ueberwallung der Wundfläche verwenden kann. Trotz dieses Wunsches einer frühen Herbstpflanzung werden viele Baumzüchter durch die überhäuften andern Herbstarbeiten oft genug mit ihrer Baumpflanzung in den Winter hinein gedrängt. In diesem Falle ist es natürlich am gefahrlosesten, mit Frostballen zu versetzen; geht dies aber nicht an, dann warte man wegen der drohenden Frostwirkungen auf die Schnittwunden lieber bis zum Frühjahr d. h. bis März und April bei Eichen, Buchen u. dgl. hartholzigen Laubbäumen und bei Coniferen noch länger, da dieselben erst etwa im Mai neue Wurzeln treiben. Manche Praktiker befolgen auch den Grundsatz, jüngere Bäume im Frühjahr, ältere im Herbst zu pflanzen. Kaum besonders zu erwähnen ist, daß man einen Baum selbst mitten in der kräftigsten Vegetation, also schon im völlig beblätterten Zustande verpflanzen kann, sobald man im Stande ist, das Vertrocknen der Krone durch Beschattung und häufiges Bespritzen, verbunden mit reichlichstem Bewässern der Wurzeln zu verhüten.

Das Bluten.

Es ist im vorigen Abschnitt erwähnt worden, daß man in Rücksicht auf die Frostbeschädigung der Schnittwunden der Frühjahrspflanzung und damit

dem Frühjahrschnitt den Vorzug geben könne. Diese Empfehlung des Frühjahrsschnittes bezieht sich aber zunächst nur auf die verpflanzten Gehölze, welche in Folge der bei dem Verpflanzen eingetretenen Wurzelbeschädigungen nicht der Gefahr des Blutens ausgesetzt sind.

Unter „Bluten“ oder „Thränen“ der Pflanzen verstehen wir den Austritt flüssigen Wassers aus Wundstellen; dieselben sind in der Regel frisch entstanden; indeß treten auch Blutungen aus alten Wunden auf. Die Blutung ist nicht mit dem gar nicht selten bei den verschiedensten Familien sich zeigenden Austritt von Wasser aus unverletzten Pflanzentheilen zu verwechseln. Viele Blätter haben normale Wasserspalten, durch welche sie bei herabgedrückter Verdunstung und großem Wasserreichthum des Gewebes überschüssiges Wasser hervorpressen. Es sind solche Wasserspalten mit Sicherheitsventilen zu vergleichen, die eine hochgradige, gefährlich werdende Turgescenz der Gewebe herabmindern. Würde ein solcher Wasseraustritt nicht erfolgen, dann würden wahrscheinlich die übermäßig strotzenden Gewebe an der Stelle des geringsten Widerstandes aufreißen, wie wir dies an wassersüchtigen Stengeln (Ribes, Lycopus etc.) wahrnehmen können.

Außerdem haben wir wässerige Ausscheidungen vielfach an Nectarien zu beobachten Gelegenheit und diese vollziehen sich auch bei schwacher Turgescenz der Gewebe, ja erscheinen bisweilen grade bei sonnig heißem Wetter am ausgiebigsten. Bei diesen Ausscheidungen handelt es sich nicht um eine Erleichterung des Pflanzentheiles von überschüssigem Wasser; hier werden wir in den dünnzelligen Organen die Bereitung von Stoffen als Ursache ansehen müssen, welche zu ihrer Verdünnung Wasser aus den umgebenden Zellen aufsaugen. Während hier also ein Saugungsvorgang stattfindet, zeigt sich bei dem Austritt von Wasser aus den Wasserspalten und den blutenden Wunden ein Herauspressen aus den Zellen in leere Nebenräume, die endlich in die Ausgangsöffnungen münden.

Der große Unterschied aber zwischen dem Austritt von Wasser aus Wasserspalten und dem aus Wundstellen besteht darin, daß im ersteren Falle eine normale Entledigung überschüssiger Flüssigkeit, im letzteren Falle aber eine im Haushalt der Pflanze nicht vorgesehene Wasserabgabe erfolgt. Ohne die Wundstellen würde die feste, meist durch Korkbildung verstärkte, äußere Umkleidung des Pflanzentheils den Druck des wasserstrotzenden Innengewebes ausgehalten und den Zustand hoher Turgescenz des Gewebes erhalten haben. Ein solcher Zustand höchster Straffheit ist aber für gewisse Entwicklungsphasen, wie z. B. für den Laubausbruch, günstig und nothwendig. Wird die Turgescenz in diesen Perioden vermindert, so leiden die auf solchen Gewebezustand angewiesenen Vorgänge, und es ist somit das Bluten immer als ein Schwächungsvorgang aufzufassen.

Das stärkste Bluten sehen wir in der Frühjahrsperiode eintreten, wenn

der Laubkörper noch nicht vorhanden oder noch nicht sehr energisch thätig ist. Ist erst der Laubapparat mit seiner intensiven Verdunstungsthätigkeit im Gange, dann kann man nur in seltenen Fällen oder unter künstlicher Nachhülfe den Blutungsvorgang in die Erscheinung treten sehen.

Wir übergehen die Erwähnung der sehr zahlreichen, physiologischen Arbeiten, welche seit dem vorigen Jahrhundert zwecks Erforschung der Mechanik des Blutungsvorganges angestellt worden sind und begnügen uns mit dem Hinweis auf solche Untersuchungen, welche unsere Anschauung von dem schwächenden Einflusse des Blutens bestätigen sollen.

Zu diesem Zwecke genügen einige Beispiele von der Intensität der Druckkraft, welche die Blutungssäfte empor treibt. Die größte praktische Bedeutung hat das Bluten des Weinstockes. Schon Hales[1]) beobachtete am Weinstock eine Blutungskraft, die einer Wassersäule von 30 engl. Fuß und 11" entsprach; die Aufsatzstelle des Manometerrohres war 44' 3" vom Wurzelkörper entfernt. Clarke[2]) will sogar bei einem Stück Birkenwurzel, welches vom Stamm durch Herausschneiden eines Stückes getrennt war, einen Druck beobachtet haben, der einer Wassersäule von 85,8' im Maximum gleich kam; bei Wein fand er den Druck entsprechend einer Wassersäule von 49,5'. Mohr, der die Hales'schen Versuche wiederholte, beobachtete den Blutungsdruck gleich einer Wassersäule von 27,02', gleich einer Quecksilbersäule von ungefähr 50 cm Höhe, und Neubauer[3]) sah bei 0° C. im Jahre 1872 bei Wein die Quecksilbersäule im Steigrohr auf 49,2 cm Höhe, im Jahre 1873 bei sehr warmem Wetter im April auf 112 cm steigen. Mit der Blattentwicklung hörte der hohe Blutungsdruck auf, weil nun die Blätter durch ihre Verdunstung das Wasser wegsaugten. Um sich einen Begriff von der Saugkraft der Blätter zu machen, ließ Neubauer durch einen Zweig mit 340 qcm Blattoberfläche eine Quecksilbersäule heben; dieselbe stieg bis auf 18,6 cm bei 21° C.; ein andrer Zweig mit 454 qcm Blattfläche hob das Quecksilber bis zu 14,3 cm Höhe.

Von Bedeutung für den Beweis des schwächenden Einflusses des Blutens ist die Angabe der Quantitäten Saft, welche verloren gehen können. Es wurde von v. Canstein[4]) beobachtet, daß die bei den einzelnen Reben ungemein wechselnden, täglichen Ausflußmengen zwischen 10 und 950 cc schwankten. Der Gesammtverlust eines Stockes innerhalb der ganzen Blutungsperiode schwankte von 0,76 l bis zu 20,15 l.

---

[1]) Vegetable Staticks, London 1731, I, S. 117.

[2]) Nach American Journal of science, May 74, cit. in Biedermann's Centralbl. 1875, I, S. 258.

[3]) Neubauer u. v. Canstein: Untersuchungen des im Frühjahr aus den frisch geschnittenen Reben ausfließenden Saftes ꝛc. Annalen der Oenologie, Bd. IV, 1874, Heft 4, S. 499 ff.

[4]) a. a. O., S. 517 ff.

Es handelt sich schließlich noch um die Qualität des ausfließenden Saftes, um zu zeigen, wieviel feste Substanz dem Stock verloren gehen kann. Nach den Untersuchungen von Neubauer enthielt der im frischen Zustande wasserhelle, neutrale aber leicht durch Bakterienvegetation sich trübende und dann alkalisch reagirende Saft (gesammelt im trocknen Jahre 1874) pro Liter 2,1204 g fester Substanz; davon waren 0,7408 g Mineralbestandtheile und 1,3796 organische Substanz. Eine Aschenanalyse ergab an Kali 10,494 %, Schwefelsäure 1,437 %, Eisenoxyd 0,188 %, Phosphorsäure 2,822 %, Kalk 41,293 %, Magnesia 5,534 %, Kohlensäure 34,791 %, Chlor 2,857 %, Kieselsäure 0,810 % der Rohasche. Außerdem fanden sich ein organisches Magnesiasalz, Gummi, Zucker, weinsteinsaurer Kalk, Inosit, Bernsteinsäure, Oxalsäure und unbekannte Extraktivstoffe vor.

Rotondi und Ghizzoni[1]) geben neben Stärke auch Zucker an, den die Neubauer'schen Untersuchungen im frischen Saft nicht erkennen ließen. Erst der eingedunstete Saft, welcher unter Abgabe von Kohlensäure, Ausscheidung von phosphorsaurem Kalk und Gelbfärbung eine schwachsaure Reaktion annahm, zeigte alle Zuckerreaktionen.

Aus diesen wenigen Angaben ist zur Genüge ersichtlich, daß man alle Ursache hat, das Thränen der Reben möglichst einzuschränken. Wenn man aber im Frühjahr schneiden muß, so thue man dies recht früh im Jahre, bevor die Rebe geweckt wird. In der Regel freilich verzögert sich die Arbeit; in diesem Falle schneide man womöglich an trüben und kühlen Tagen, weil diese die geringsten Ausflußmengen liefern; vor allen Dingen beginne man mit den starktriebigen, in der Regel wasserreicheren Sorten, die den größten Saftverlust erleiden und zu den in Folge übermäßiger Blutung auftretenden Schwächezuständen, wie verspätetes Blühen, unregelmäßige Zeitigung der Trauben und ungenügende Holzreife am meisten neigen.

Schnitt im belaubten Zustande (Sommerschnitt).

Entspitzen (Pinciren).

Die Bemühungen des Züchters, durch den Winterschnitt die Zweige zum Fruchtansatz zu bringen, sind nicht selten erfolglos. Er unterstützt daher den Winterschnitt durch den Sommerschnitt.

Derselbe hat unter allen Umständen eine absolute Schwächung des Baumes zur Folge, da er den Baum eines Theiles seines so eben gebildeten Assimilationsapparates beraubt. Dieser Apparat, d. i. der Blattkörper, bezieht nur in der ersten Jugend das Material zu seiner Bildung aus der Achse. Das Blatt arbeitet schon mit seiner Spitze selbstständig, wenn die Basis oft noch nicht

---

[1]) Biedermann's Centralbl. 1879, S. 527.

einmal vollständig entfaltet ist, so daß also die Spitze zur Ernährung der Blattbasis unter Umständen schon beitragen kann. Die Entfernung junger Zweige ist also insofern eine Schwächung der Achse, als diese nun zur Bildung eines neuen Blatttriebes an Stelle des fortgenommenen wieder Reservestoffe hergeben muß. Ferner geht ihr aber auch das plastische Material zur Herstellung ihres Verdickungsringes zunächst verloren, das der weggenommene Trieb in kurzer Zeit der Achse zugeführt haben würde.

Diese absolute Schwächung einzelner Theile aber kann bei dem Kulturbaum, welcher im Verhältniß zum wildwachsenden Stamme eine reichere Produktion aufweist, außer Betracht gelassen, mindestens nicht für schädlich angesprochen werden, wenn dadurch eine relative Kräftigung, eine lokale Steigerung der Wachsthumsenergie anderer Theile hervorgebracht oder eine günstige Modifikation im Wachsthum des Individuums veranlaßt wird.

Der letztere Zweck wird z. B. vermöge des Sommerschnittes bei einer durch zu starkes Holzwachsthum bedingten Unfruchtbarkeit erreicht. Der starkwüchsige Baum wird durch Entspitzen der grünen Triebe zunächst seiner Hauptvegetationspunkte, an denen die größte Zellvermehrung herrscht, beraubt. In Folge dessen vermehrt sich die Wasserzufuhr zu dem Gewebe der noch unvollkommen entwickelten Seitenknospen. Während nun die höchst stehenden Seitenknospen des früh entspitzten Zweiges allmählich zu Trieben auswachsen, schwellen die unteren meist nur an und werden zu Blüthen tragenden Zweigen vorbereitet. Die Vorbereitung liegt in der Aenderung der Gewebe des aus der Knospe sich entwickelnden Triebes. Je stärker die Wasserzufuhr zu den unteren Knospen durch die Entspitzung wird, desto mehr werden deren Zellen durch ihren inneren Wasserdruck (Turgor) ausgedehnt, desto mehr tritt aber auch die Parenchymbildung selbst gegenüber den verholzten Elementen in den Vordergrund. Es wird also mehr und weiteres Parenchym gebildet (wie die anderweitig veröffentlichten Messungen der Holz- und Fruchtzweige beweisen); das Parenchym ist aber der Speicher für die Reservenahrung, mithin ist dieser Speicher in den unteren Augen vermehrt worden, so daß sie allmählich im Stande sind, Blüthenknospen zu entwickeln.

Dieses Entspitzen der jungen, etwa 8—12 cm langen Triebe heißt auch „Pinciren“.

Je später innerhalb der Sommermonate die Prozedur vorgenommen, um so nachhaltiger wird der Erfolg in Rücksicht auf das Anschwellen der unteren Zweigknospen sein. Während man im Mai noch mit dem allgemeinen, starken Wasserauftrieb des Frühjahrs kämpfen muß und im Juli bei Hervortritt des sog. zweiten Triebes auf dieselben Schwierigkeiten stößt, hat man im August bei dem eigentlichen Sommerschnitt bereits die Hauptwasserzufuhr überwunden. Die nach dem Schnitt sich entwickelnden, neuen Triebe sind nicht mehr so geneigt zu bedeutender Streckung ihrer Internodien (Zweigglieder), und das reich-

lich von den Blättern gelieferte, plastische Material lagert sich stärker in den parenchymatischen Geweben der verkürzten Glieder ab.

Eine allgemeingültige Angabe über die absolut beste Zeit des Schneidens oder Pincirens läßt sich nicht machen; ebenso wenig läßt sich eine feste Regel über die Nothwendigkeit und die Zeit einer etwaigen Wiederholung des Verfahrens geben.

Der Baumzüchter muß in jedem einzelnen Falle auf Varietät, Boden und Klima und die dadurch bedingte Entwicklung der Bäume Rücksicht nehmen.

Was der Augustschnitt in Bezug auf Kräftigung der Seitenaugen nicht vollbringt, kann in Gegenden mit langem Herbst der „Oktober- oder Herbstschnitt" durch Entfernung der Zweigspitzen vollenden.

Ein so spät ausgeführter Schnitt hat den Vortheil, daß man tiefer zurückschneiden, also den Wasserdruck des Baumes auf weniger Knospen vertheilen kann, ohne noch Gefahr zu laufen, irgend eine Knospe zur Triebentwicklung zu reizen. Der einmal vorhandene Wasserdruck wird, soweit er vom Wurzeldruck herzuleiten ist, durch das Abschneiden der oberen Zweigtheile nicht vermindert, sondern durch die Vertheilung auf eine geringere Anzahl von Augen sogar vermehrt; aber dieser Wurzeldruck muß jetzt seine Wirkung auf andere ältere, schon seit längerer Zeit gebildete und daher zur Streckung und Vermehrung nicht so leicht geneigte, ruhigere Gewebemassen, auf die weniger entwickelten, basalen Zweigknospen mehr vertheilen, welche, so lange der Trieb an der Spitze wuchs, nur wenig Vortheil hatten, aber jetzt durch den größeren Turgor ihrer Zellen sich in ihren jugendlichen, noch dehnbaren Theilen erweitern, mehr Reservebaustoffe speichern und im Frühjahr bei dem Erwachen der Vegetation unter günstigeren Bedingungen, wie früher sich entwickeln können. Die aus ihnen hervorgehenden Triebe sind bei dem richtigen, d. h. nicht übermäßig viel entfernenden Schnitt, kurz. Je kürzer aber die Achse für eine bestimmte Blattmenge, desto reichlicher die Ablagerung der von den Blättern gelieferten Baustoffe innerhalb dieser Achse und desto eher die Gelegenheit für diese, Fruchtknospen zu bilden.

Wird der Schnitt irrthümlich oder absichtlich (z. B. bei schwachtriebigen Exemplaren) sehr kurz geführt, d. h. wird sehr viel fortgeschnitten, so daß also nur etwa $^1/_3$ des Zweiges stehen bleibt, dann kann die Vermehrung des Wasserdruckes im Frühjahr auf alle stehengebliebenen Augen derartig stark sein, daß sie sich sämmtlich zu kräftigen Holztrieben entwickeln. Dann ist der Oktoberschnitt ein „Schneiden auf Holz" gewesen.

Auf die Frage, welchen Einfluß die durch den Sommerschnitt hervorgerufenen Wunden auf das Leben des Stammes ausüben, müssen wir die Fälle einzeln in Betracht ziehen.

Das Entspitzen oder Pinciren der krautartigen Zweige bringt in der Regel keine Ueberwallung der Wundfläche hervor. Dies kommt daher, daß der Gärtner entweder mit den Nägeln den weichen Trieb abkneift oder mit einem Instrumente, einer sog. Pincirzange, den Trieb abschneidet. In beiden Fällen findet eine Quetschung des entspitzten Triebes an der Wundstelle statt. Das pincirte Zweigglied trocknet von der Wundfläche aus mehr oder weniger tief, häufig bis auf das nächstuntere Blatt zurück. Fäulnißerscheinungen sah ich nie eintreten. Diese Wunden sind also für das Leben des Baumes ungefährlich.

Bedeutungsvoller können die mit dem Messer ausgeführten Wunden des Sommerschnittes werden, falls sie nicht lediglich durch Wegnahme der sog. „Zapfen" hervorgebracht werden, von denen im Folgenden die Rede sein wird. Wenn der Sommerschnitt das Messer anwendet, dann zeigt dies, daß es sich nicht mehr um das Entfernen krautartiger Spitzen, sondern schon festerer Zweige mit ausgebildetem Holzringe handelt, wie dies in denjenigen Baumschulen stattfindet, in denen das Fruchtholz des Steinobstes durch den Schnitt im Juni bis August geregelt wird. Andere Baumschulen schneiden die Fruchtzweige des Steinobstes im Frühjahr, namentlich wenn der sog. „Hakenschnitt" angewendet wird. Bei dem Steinobst ist bekanntlich der Schnitt des Fruchtholzes ein anderer, als wie bei dem Kernobst, was daher kommt, daß diejenigen Stellen des Steinobstzweiges, welche einmal Früchte getragen, nicht wieder Fruchtknospen entwickeln, sondern kahl bleiben. Die Fruchtknospenbildung rückt hier höher am Zweige hinauf auf die Zweigchen oberer Augen, während bei dem Kernobst dieselbe Zweigparthie neue Fruchtknospen entwickeln kann, also immer bekleidet bleibt. Der Hakenschnitt hilft nun dem Kahlwerden des Fruchtholzes dadurch ab, daß er dasselbe alljährlich regenerirt, indem er die an der Basis der Fruchtzweige stehenden, wenig entwickelten 2—4 Augen durch Abschneiden der darüberliegenden, fruchtbar gewesenen Parthie bald nach der Fruchtreife entfernt. Es entwickeln sich dann aus dieser Zweigbasis etwa 2 neue Triebe, von denen der schwächere fortwährend gestutzt, der stärkere als Fruchtzweig herangezogen wird, um im nächsten Jahre demselben Zurückschneiden zu unterliegen.

Gleichviel nun, welche Schnittmethode man anwendet, so hat man in allen Fällen darauf zu sehen, daß solche Schnittwunden nicht gleichzeitig zu zahlreich und nicht zu dicht über dem Auge ausgeführt werden.

Dies bezieht sich namentlich auf üppig vegetirendes Steinobst. Die kurz vor oder während der Laubentwicklung beigebrachten Schnittwunden schließen sich zwar schnell, aber stören auch leicht das Gleichgewicht der Krone. Fällt die Zeit dieser Schnittwunden noch in die Periode des starken Wasseraustriebes, so werden durch zahlreiche Wunden nicht nur oft die Gipfelaugen der stehengebliebenen Parthien zu unnützen, geilen Holztrieben ausgebildet, die immer

wieder entspitzt werden müssen, sondern es kann auch der anatomische Bau einzelner Triebe in schädlicher Weise alterirt werden. Man findet, daß stellenweis ein Zweig seinen Holzring mehr aus Holzparenchym als aus derbwandigen Prosenchymelementen aufbaut. Solche Stellen von Wuchergewebe verfallen bei dem Steinobst später der Gummifizirung, und man findet dann kleine, allmählich weiter fressende Gummiheerde in noch äußerlich ganz gesund aussehenden Zweigen.

Bei dem Kernobst tritt solches Gewebe gern in der Nähe der Augen auf; es verfällt zwar nicht der Auflösung, sondern füllt sich zur Zeit der Speicherung der Reservenahrung mit Stärke, aber es unterliegt im Winter viel leichter der Spaltung durch Frost, weil der Spannungswiderstand an diesen Stellen ein geringerer ist. Man sieht dann unter den Augen kleine Frostrisse oder auch Brandflecken.

Der im Oktober ausgeführte Schnitt hat zwar den großen Vortheil, daß die Wunde in der Regel noch kleine Ueberwallungsränder bildet, daß die nach dem Schnitt stehengebliebenen Knospen noch anschwellen und daß bei Pflanzen mit so starkem Wurzeldruck, wie bei Wein, der Saftaustritt aus der Wundstelle im Frühjahr (Thränen) vermieden wird, allein er hat auch den Nachtheil, daß die Wundfläche durch Winterfröste leiden kann, da durch den Schnitt am Blatte die parenchymreichere Zone in der Nähe der Augen bloßgelegt wird. Gegen diese Gefahr kann man sich schützen, wenn man nicht dicht über dem Auge schneidet, sondern ein Stück Zweigglied („Zapfen“) über dem obersten Auge stehen läßt. Erst im folgenden Sommer werden diese Zapfen dann gänzlich fortgeschnitten.

g) Weitere Hülfsmittel des Kulturschnittes.

Das Biegen der Zweige.

(Hierzu Taf. XI).

Die Erfahrung zeigt, daß Triebe, welche senkrecht in die Höhe wachsen, am schnellsten und am kräftigsten sich entwickeln und daß das Längenwachsthum um so mehr verlangsamt erscheint, je mehr der Zweig aus seiner natürlichen Lage herausgebogen erscheint. Eine solche Verlangsamung des Wachsthums findet auch statt, wenn bei kräftigen Bäumen, deren Habitus sparrig ist, deren Zweige also ihrer natürlichen Anlage gemäß stark zur Horizontalen geneigt sind, in die Vertikale gebogen werden. Gleichzeitig wird mit der Verminderung des Längenwachsthums aber auch die Ausbildung der Augen verändert, indem die unterhalb der Biegungsstelle liegenden Augen schwellen und in der Regel zum theilweisen Austreiben bewogen werden. Es kommt nun wesentlich auf die Zeit des Biegens und die Höhe am Zweige, in welcher die Manipulation ausgeführt wird, an. Je mehr die Biegung nach der Spitze hin stattfindet, desto

geringer ist die Beschädigung des Zweiges, desto geringer aber auch die erhoffte Wirkung. Die Augen, welche sich unterhalb einer in der Nähe der Zweigspitze angebrachten Biegungsstelle befinden, werden zu schlanken Laubtrieben sich entwickeln; dagegen ist die Streckung der durch eine Biegung in der Nähe der Zweigbasis geweckten Augen gering und ihre Umbildung zu Fruchtaugen leichter möglich.

Daß sich Triebe aus Basalaugen eines Zweiges überhaupt weniger strecken als solche aus Terminalaugen, dürfte durch das Verhältniß des Markkörpers zum Holzkörper erklärlich werden. Die schwache Anlage des tief am Zweige stehenden Seitenauges hat keinen so überwiegend großen Markkörper im Verhältniß zu dem Holzkörper, wie das Auge an der Spitze, also kein so überwiegendes, die Längsstreckung bedingendes Schwellgewebe. Die Internodien bleiben kurz und das von den Blättern erarbeitete, plastische Material vertheilt sich auf kürzere Strecken, ist also relativ reichlicher, mithin zur Fruchtanlage günstiger.

Man hat sich bisher nicht gefragt, woher die verzögernde Wirkung des Biegens kommt. Eine Verletzung sieht man äußerlich nicht am Zweige, sondern man gewahrt nur an der Oberseite der Biegung eine etwas größere Straffheit, an der Unterseite eine Faltung der Rinde, die sich etwa über ein Viertel des Kreisumfanges erstreckt.

Diese Faltung der Rinde ist auf Taf. XI, Fig. 1 rf und Fig. 2 rf angedeutet. In der That ist aber eine Gewebestörung vorhanden. Man findet zunächst schon bei der Betrachtung mit bloßem Auge im Längsschnitt (Fig. 1 h) und im Querschnitt (Fig. 2 u) eine Holzanschwellung auf der Unterseite unterhalb einer mattbräunlichen, an der Biegungsstelle verbreiterten Zone (Fig. 1 und 2 hp). Der Rindenkörper zeigt außer der Faltung keine so wahrnehmbare, gleichmäßig zunehmende Verdickung.

Das Dickenverhältniß der Unterseite zur Oberseite der Rinde ist bei dem hier gezeichneten Äpfelzweige wie 50 : 42, während die Unterseite des Holzkörpers sich zur Oberseite verhält, wie 2 : 1. Der Markkörper (m) erscheint im Längsschnitt, besonders in der unteren Hälfte, schwach bräunlich gestreift. Unter dem Mikroskope erweisen sich viele der in wellige Reihen oft geordneten Zellen des Markes und der Markkrone mit bräunlichem Inhalte und gebräunten Wandungen versehen. Letztere sind bei einzelnen Zellen, die der Markunterseite angehören, hier und da eingeknickt und an diesen Knickstellen durch neu entstandene Intercellularräume von einander getrennt. Dieselbe Lockerung zeigen diese Zellen auch im Querschnitt.

Die Störungen der Rinde lassen sich am besten in den vorspringenden Falten der Unterseite (Fig. 1 und 2 rf) erkennen. In solchen, durch das Biegen vom Holzkörper abgeplatzten Falten zeigen die Bastbündel (Fig. 3 hb) in der Regel eine starke Krümmung nach außen, entsprechend den peripherischen, durch das Quetschen der Epidermiszellen in bedeutender Dicke entstandenen Kork-

Fig. 1

m h nh hp fh rf

Fig. 3

l l k r hb

Fig. 4

mk g fh hp hp' h h' z

Fig. 2

o m mst hp fh rf u b

Fig. 5

a b

Fig. 6

d d n m a u u w n h m h' n' r' r' n h m h n r

Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



lagen (k) und dem Rindenparenchym (r), das durch zahlreiche Lücken (l) in unregelmäßige Parthien auseinander gerückt ist. In diesen Lücken finden sich einige Zeit nach der Biegung einzelne Brücken radial gestreckter Zellreihen, die durch Verlängerung der noch streckungsfähigen Zellen der jungen Innenrinde entstanden sind.

Die Biegung ist am vorliegenden Apfelzweige zu Anfang des Sommers, wie dies in der Praxis geschieht, ausgeführt worden. Die Rinde hat sich an den oben beschriebenen Falten in der Cambialregion vom Holzkörper abgehoben. Die Befreiung des Holzkörpers an diesen Stellen vom Rindendruck hat die Bildung eines reichlichen, stärkeerfüllten Holzparenchyms zur Folge gehabt, wie der Längsschnitt durch den Holzkörper (Fig. 4 hp) zeigt. Nach Ausfüllung der Lücke und Herstellung des Rindendruckes ist das Holzparenchym allmählich wieder in normales Holz (Fig. 4 hh') übergegangen.

Die Ausfüllung der Lücke erfolgte hier durch Verschmelzung der beiden aufeinander zu wachsenden Parenchympartien, die sich in der Mittelzone (z) vereinigt haben. Diese gelbe Zone löst sich bei starker Vergrößerung zu einem Streifen stark zusammengepreßter Zellen auf. In andern Fällen entsteht die Ausfüllung der Lücke auch durch parenchymatische Neubildungen sowohl von der abgehobenen Rindenzone, als auch, wie bei Schälwunden von dem stehengebliebenen, jungen Splintgewebe aus. In allen Fällen beginnen nach der Ausfüllung zunächst Gefäße im Holzparenchym aufzutreten, die allmählich ihre normale Länge und Ausbildung erhalten, von anfangs kürzeren, dünnwandigeren, später normal langen und dickwandigeren Holzzellen begleitet werden und so das normale Holz einleiten.

Nach der Schließung dieser Biegungswunden ist der Einfluß der Biegung aber immer noch weiter durch eine stärker auf der Unterseite, als auf der Oberseite stattfindende Holzproduktion bemerkbar. Das neugebildete Holz (Fig. 4 h) folgt auf der Unterseite in seiner Lagerung der Wellenform, welche durch den Holzparenchymkegel bedingt wird. Gegenüber den sparsameren, gleichzeitig entstandenen Elementen der Oberseite der Biegungsstelle sind anfangs die Prosenchymzellen auf der Unterseite kürzer und stumpf mit breiten Wandungen aufeinanderstehend. Ferner finden sich auf der Unterseite zunächst reichlicher gefächerte, mit Stärke erfüllte Holzzellen und Holzparenchymreihen (hp') zwischen den derbwandigen, prosenchymatischen Elementen.

In der Zeichnung sind des Raumes wegen größere Gewebeparthien weggelassen worden; es fehlt ein Theil des vor der Biegung gebildeten, normalen Holzkörpers, sowie ein Theil des nach der Bildung des Holzparenchyms entstandenen, die Biegung ausgleichenden Uebergangsgewebes. In Fig. 4 bedeutet fh das diesjährige Frühlingsholz, g die den Markkörper mk begrenzenden Spiralgefäße. Fig. 5 a sind Markzellen, die durch die Biegung gelockert, b

solche, die unversehrt geblieben sind und aus der oberen Hälfte des Markkörpers stammen.

Wenn man den gekrümmten Zweig von der Biegungsstelle aus aufwärts und abwärts untersucht, so findet man, daß im vorliegenden Falle der Einfluß der Krümmung sich durchschnittlich auf etwa 6 bis 8 cm Länge erstreckt.

Die Messungen des zur Zeichnung gewählten Zweiges ergeben Folgendes: Es betrug

die Rinde 6 cm unterhalb der Biegungsstelle	oberseits	31 [1]
	unterseits	35
„ „ an der Biegungsstelle	oberseits	41—42
	unterseits	42—51
„ „ 6 cm über der Biegungsstelle	oberseits	97
	unterseits	87
das Holz unter der Biegungsstelle	oberseits	200
	unterseits	197
„ „ an der Biegungsstelle	oberseits	174
	unterseits	293
„ „ über der Biegungsstelle	oberseits	135
	unterseits	187

Daraus berechnet sich also die Dicke des Zweiges auf 4,65 mm unterhalb der Biegungsstelle, auf 5,50 mm innerhalb und auf 5,06 mm oberhalb der Biegungsstelle. Die Rinde zeigt nach der Spitze hin eine bedeutende Dickenzunahme, das Holz selbst nach der Biegung zeigt eine Abnahme, wie zu erwarten war. Innerhalb der Biegungsstelle ist der Holzkörper der Unterseite im Verhältniß von 2 zu 3 dicker geworden, wogegen derselbe auf der Zweigoberseite die nach der Spitze hin eintretende, normale Abnahme zeigt.

Eine Zählung der Zellen innerhalb eines Radius der Stelle, an der die Messung ausgeführt worden war, ergab, daß die Rinde überall annähernd dieselbe Anzahl von Zellen besaß; bei dem Holzkörper aber zeigten sich bedeutende Schwankungen. Auf der Oberseite besaß derselbe

unterhalb der Bieg. 110—118, in der Bieg. 80, oberhalb 70—76 Zellen; auf der Unterseite des Zweiges

unterhalb der Bieg. 105, in der Bieg. 131, oberhalb 112 Zellen.

Hier hatte sich der Einfluß der Biegung weiter nach oben hin fortgepflanzt. Dies Verhältniß giebt sich auch in der Art und Weise des Holzzuwachses zu erkennen. Derselbe vertheilt sich folgendermaßen.

Die Dicke des Holzkörpers vor der Manipulation betrug

unterhalb der Biegungsstelle { oberseits 62,0 % / unterseits 61,9 % } des zur Zeit der Messung vorgefundenen, durch Nach-

[1] Die Zahlen bedeuten $^1/_{100}$ mm.

innerhalb der Biegungsstelle	oberseits 50,6 %	wuchs verstärkten Holz-
	unterseits 35,2 %	cylinders.
oberhalb „ „	oberseits 67,4 %	
	unterseits 51,4 %	

Der Zuwachs von der Zeit der Biegung bis zur Zeit der Untersuchung betrug

		an Herbstholz	an Frühlingsholz
unterhalb der Biegungsstelle	oberseits	31 %	8 %
	unterseits	31,9 %	6,1 %
innerhalb „ „	oberseits	39 %	10,4 %
	unterseits	51,8 %	13,4 %
oberhalb „ „	oberseits	28,1 %	5,9 %
	unterseits	27,2 %	21,9 %

Also der Holzzuwachs ist trotz der großen Spannung, die durch das Biegen des Zweiges an der convexen Seite innerhalb der Biegungsstelle herrschen dürfte, doch auch an der Oberseite verhältnißmäßig höher, als ober- und unterhalb der gebogenen Stelle. Die Gewebelockerung, welche sich an der Biegungsstelle geltend macht, ist auf der Oberseite nicht mehr weit hinauf kenntlich; dagegen läßt sich dieselbe auf der Unterseite noch bis auf 6 cm nach der Spitze hin verfolgen.

Auch in den radialen Dimensionen der einzelnen Zellen läßt sich die Gewebelockerung nachweisen. Das Mittel aus der Länge der Markstrahlzellen betrug

	unterhalb der Biegung	in der Biegungsstelle
oberseits	4,84	5,83
unterseits	4,98	4,31

Ausschlaggebend ist der radiale Durchmesser der Holzzellen; derselbe zeigt sich

	unterhalb der Biegung	in der Bieg.	oberhalb der Bieg.
oberseits am Zweige	1,57	1,83	1,66
unterseits	1,63	1,93	1,73

Die Holzzellen sind also innerhalb der Biegungsstelle am weitesten; oberhalb derselben sind sie noch weiter als unterhalb. Auf der Zweigunterseite erscheinen sie hier weiter, als auf der Zweigoberseite.

Je nach der Größe des Bogens, den der Zweig bei der Krümmung beschreibt, sowie je nach der Zeit der Ausführung der Biegung und nach der Spezies, ja selbst je nach der Individualität des Zweiges sind die anatomischen Veränderungen, quantitativ wechselnd.

Natürlich treten dieselben Verhältnisse auf der entgegengesetzten Seite des Zweiges ein, wenn derselbe aus einer natürlichen Horizontallage plötzlich nach oben gebogen wird. Die Allgemeinwirkung bleibt dieselbe; die durch die Biegung convexe Seite hat durch die vermehrte Spannung der Rinde zunächst mindestens

in den Rindenpartien größeren Druck auszuhalten, während die concav gewordene die oben beschriebene Lockernng erfährt. Es scheint nach den Zuwachsmessungen, daß am 1 jährigen Zweige die Lockerung der Unterseite später dem Holzkörper der Oberseite ein Ausbiegen nach der Unterseite hin gestattet und demselben dadurch ebenfalls Gelegenheit zu größerer Zellvermehrung und Zellstreckung giebt. Durch die auf der concaven Seite hervorgehende Holzparenchymbildung wird der Wasserstrom nach der Spitze verlangsamt, zu Gunsten des unmittelbar unter der Biegungsstelle befindlichen Auges. Die bevorzugte Stellung des Auges wird erhöht, sobald dasselbe austreibt; jetzt tritt nämlich noch die Saugkraft der assimilirenden und dadurch hauptsächlich verdunstenden Blätter hinzu.

Man hat also in dem Biegen der Zweige ein einfaches Mittel, den Längstrieb zu mäßigen und die Wasserzufuhr auf Augen zu lenken, welche ihrer Lage und Anlage nach wenig zur Weiterentwicklung befähigt sind.

Die durch die innere Verwundung bei dem scharfen Biegen der Zweige entstandene Gewebevermehrung ist nicht zu verwechseln mit der für die Kulturzwecke unwirksamen Wachsthumsbegünstigung, welche auch bei den normalen, unverletzten, zur Horizontalen geneigten Zweigen in den einzelnen Jahresringen stattfindet. Nach den Studien von Kny[1]) findet man als Regel, daß die dicotylen Holzgewächse ihre mehrjährigen Zweige auf der Oberseite stärker verdickt zeigen, als auf der Unterseite; bei den Coniferen findet das Gegentheil statt. Derartige Ungleichmäßigkeiten, welche sich übrigens an demselben Zweige in den verschiedenen Internodien ändern[2]) und welche hauptsächlich von Aenderungen in der Gewebespannung, von den verschiedenen Ernährungsverhältnissen jedes einzelnen Internodiums durch Blätter oder Seitenzweige, auch oft von den in der Nähe abgehenden, größeren Aesten und Nebenwurzeln abhängen[3]), haben keinen Einfluß mehr auf die Oeconomie des Zweiges. Sie sind als Folgeerscheinungen der stets wechselnden Combinationen der Wachsthumsfaktoren zu betrachten, deren Einfluß sich längst ausgeglichen hat. Nur der tiefe, gewaltsame Eingriff, die plötzliche Störung verspricht den für die Kultur nöthigen Erfolg.

Die anfänglich naheliegende Vermuthung, daß die Varietäten einer Baumspezies ein um so geringeres Wachsthum und eine um so größere Fruchtbarkeit besitzen dürften, je horizontaler nun die Aeste in ihrer natürlichen Anordnung stehen, hat sich in keiner Weise bestätigt.

---

[1]) Kny: Ueber das Dickenwachsthum des Holzkörpers in seiner Abhängigkeit von äußeren Einflüssen. Berlin 1882, S. 12. Hier auch die älteren Literaturangaben.

[2]) Sorauer: Beitrag zur Kenntniß der Zweige unserer Obstbäume. Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik. Bd. III, Heft 2, 1880, S. 10.

[3]) Detlessen: Arb. d. bot. Inst. zu Würzburg. Bd. II, cit. Bot. Zeit. 1882, S. 699.

Wie sehr aber auch ein geringer künstlicher Eingriff sofort das Zweigleben irritirt, sehen wir an den Untersuchungen von Kraus.[1]) Aus ihnen ergiebt sich, daß horizontal gelegte Stengelstücke oder Stengel in kurzer Zeit zuckerreicher werden, als die gleichgebildeten, senkrecht stehenden sind. Sofort bei dem Niederlegen hebt die Zuckerbildung an. Bei den negativ geotropischen, also sich in die Höhe krümmenden Zweigen erwies sich die concave (obere) Hälfte spezifisch schwerer, als die untere, was bereits Hofmeister richtig angegeben. Dieser spezifisch leichtere Zellsaft der Unterseite ist prozentisch ärmer an Zucker und freier Säure, welche beide bei dem Krümmungsvorgange verbraucht werden. Neben dem Verbrauch gelöster Stoffe auf der Unterseite findet auch eine Wasserwanderung von der Oberseite aus statt. Diese Wasserzufuhr ist aber nicht von der Krümmung abhängig; denn man findet schon vor der Krümmung an horizontal liegenden Sprossen, daß die Unterseite wasserreicher ist. Es ist also die horizontale Lage allein die Ursache dieser Differenzirung. Ganz analoge Resultate stellten sich bei Untersuchung der heliotropischen Krümmungen ein.

Wenn ich die einmaligen Untersuchungsergebnisse mehrjähriger Aeste eines Apfelbaumes als allgemein zutreffend ansehen dürfte, so würde sich für solche alten Achsenorgane ergeben, daß die wagrechten, ganzen Zweigstücke etwas wasserreicher, als die gleichalten senkrechten sind; ihre Trockensubstanz ist aber viel reicher an Asche, als bei den senkrechten Achsen.[2])

Es ergiebt sich somit nach den letzterwähnten Untersuchungsergebnissen ein weiterer Einfluß der gewaltsamen Biegung der Zweige zur Horizontalen. Es wird nämlich das kurz über der Biegungsstelle liegende Auge der Unterseite ganz veränderte Ernährungsbedingungen erhalten. Das durch die Biegung sich bildende Holzparenchym, sowie das gelockerte Gewebe der Umgebung werden von dem plastischen Material, das vom Zweiggipfel herabströmt, bedeutende

---

[1]) G. Kraus: Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze. II. Der Zellsaft und seine Inhalte. Aus Abhandl. d. Naturforsch.-Gesellsch. zu Halle, cit. Bot. Zeit. 1881, S. 389.

[2]) Der Vergleich der senkrechten mit den gleichalterigen wagrechten Asttheilen einer Doppelpalmette von einem Rambourapfel ergab:

Untere Leitäste

A (rechte)		B (linke) Seite der Palmette	
wagrechter Asttheil	senkrechter Asttheil	wagrechter Asttheil	senkrechter Asttheil
54,62 % Trockensubst.	54,52 % Trockensubst.	55,66 % Trockensubst.	55,82 % Trockensubst.
2,70 % Asche davon.	1,84 % Asche davon.	2,15 % Asche davon.	2,11 % Asche davon.

Obere Leitäste

C (rechte)		D (linke) Seite der Palmette	
wagrechter Asttheil	senkrechter Asttheil	wagrechter Asttheil	senkrechter Asttheil
55,95 % Trockensubst.	56,27 % Trockensubst.	55,52 % Trockensubst.	55,74 % Trockensubst.
2,11 % Asche davon.	1,87 % Asche davon.	1,95 % Asche davon.	1,93 % Asche davon.

in den Rindenparthien größeren Druck auszuhalten ... nach die Biegung mehr
wordene die oben beschriebene Lockerung erfährt. ... mehr Wasser; der Zucker,
messungen, daß am 1jährigen Zweige die Lo ... sicherlich an den in der Ver-
Holzkörper der Oberseite ein Ausbiegen r ... ensivsten stattfinden dürfte. Der
demselben dadurch ebenfalls Gelegenheit ... und so haben wir dann die Be-
streckung giebt. Durch die auf der ... mere Entfaltung des Knospenkegels.
chymbildung wird der Wasserstrom ... gsstelle die Augen bei dem vermehrten
des unmittelbar unter der Bieg ... ... von plastischem Material zu Laubtrieben
Stellung des Auges wird erh ... der plastischen Baustoffe an der Biegung
noch die Saugkraft der aff ... besonders gut ernähren und die Bildung von
Blätter hinzu. ... schon vorhandener Fruchtanlage die Früchte beson-

Man hat also ir ... ... ltung bringen.
trieb zu mäßigen ur ... ... nachhaltiger wie das Biegen wirkt in derselben
und Anlage nach ...

Die durch ... **das Drehen der Zweige.**

entstandene G ... der Vegetationszeit wird der Zweig in einer schon verholzten,
zwecke unv ... zuerst durch halbseitiges Drehen der Gewebe um ihre Längs-
unverletzt ... ... Parthien gelockert, meist dabei auch schon gequetscht und der
stattfind ... ... gespalten und dann an dieser gelockerten Stelle mit seiner Spitze
dicot ... ... nach unten gebogen, so daß, wie bei dem sog. „Schlüsselbunde"
dick ... ... Anbinden verwendeten Weidenruthen die Spitze des Zweiges in der
st ... ... Basis gerichteten Lage verbleibt. An der Drehungsstelle gelangt die
... Unterseite des Zweiges nach oben, die frühere Oberseite bildet die Innenseite
der scharfen Biegung, in welcher der Holzkörper bis zum Mark einbricht.

Einen möglichst demonstrativen Längsschnitt durch die knotige, verwachsene,
ein Jahr alte Drehungsstelle liefert Taf. XI, Fig. 6. Darin ist m der Mark-
körper, der durch den beim Drehen erfolgten Bruch des Holzes mit gestört worden
ist. h ist das Holz der jetzigen Oberseite, an dem bei a ein Auge sitzt. Durch die
Umdrehung der Unterseite zur jetzigen Oberseite ist der Holzkörper vielfach längs-
spaltig und die durch die Risse entstandenen Lamellen sind in spiralige Drehung
gekommen, was durch dd angedeutet werden soll. Die Risse werden zunächst
durch Parenchym ausgefüllt, und die allmählich sich wieder schließende Cambium-
zone lagert wellige Neuholzschichten (n) über die Wunden unterhalb der außer-
ordentlich gespannten, nicht selten durch spiralige Längsrisse hier und da ge-
lüfteten Rinde (r).

Die nach der Drehung zur Unterseite gewordene organische Oberseite zeigt noch größere Störungen. Der in w zerbrochene, vom Mark theilweis abgespaltene Holzkörper (h') hat sich durch sehr unregelmäßig bogig gelagerte Parthien von Holzparenchym zu einem großen Knoten u geschlossen, der bei fortgesetztem Wachsthum durch die Neuholzbildungen (n') stetig an Umfang zunimmt.

Wie durch eine derartige Gewebeverletzung die Spitzenernährung des

·verden muß, wie das als Stärke sichtbare Reservematerial,
·matischen Ueberwallungspartien der Wundränder lagert,
·en zum Vortheil gereichen muß, ist leicht einzusehen.
Ernährung auch die unmittelbar unter der Drehungs-
·n dem vermehrten Wasserdrucke profitiren werden,
·agten ebenfalls zur Genüge hervor.
·n des Drehens ist, wie bemerkt, ein energischeres Mittel
Spitzenwachsthums eines Zweiges zu Gunsten der Stärkung
, ohne aber dabei das unter der Verwundung liegende, höchste
zum sofortigen starken Austreiben zu veranlassen. Nur wenn durch
·ung die Verletzung der Gewebe so stark ausgefallen ist, daß die Trieb-
·e auch das nothwendigste, durch Verdunstung entweichende Wasser nicht mehr erhalten kann und schnell vertrocknet, namentlich wenn die Manipulation zu früh im Jahre ausgeführt wird, wächst das zunächst unter der Drehungsstelle befindliche Seitenauge zu einem neuen, kräftigen Laubtriebe aus. Dieser Vorfall wird natürlich vom Obstzüchter nicht beabsichtigt. Eine zu spät im Jahre ausgeführte Drehung würde zwar nicht mehr die genügende Wirkung hervorbringen, basale Augen zu Fruchtaugen vorzubereiten, aber doch das Längenwachsthum des Zweiges hemmen und das Holz besser zur Reife bringen, so daß es dem Winter besser widersteht.

Bei der Senkervermehrung der Quitten dreht man auch gern einmal den abzusenkenden Zweig um seine Längsachse an der Stelle, an welcher er in der Erde Wurzeln bilden soll. Die Art der Störung ist ähnlich, wie bei dem vorerwähnten Falle; der Erfolg insofern ein anderer, als das gehemmte, absteigende, plastische Material zur Bildung von Adventivwurzeln vorzugsweise verwendet wird.

Die deutschen Weinbauer in der Umgegend von Tiflis drehen die Stiele der reifen Weintrauben und erzielen dadurch einen trefflichen Wein. Die durch diese Manipulation eingeleiteten Vorgänge werden folgendermaßen ineinander greifen. Durch das Drehen des Stiels wird die Wasserzufuhr aus der Rebe in die Traube gemäßigt; dadurch erlangt die Verdunstung ein größeres Uebergewicht über die Zufuhr und der Saft der Beeren wird concentrirter. Was an Stärke etwa noch in den Stielen ist, wird als Zucker noch nach den Beeren geschickt. Dieselben verathmen dabei auch einen Theil der organischen Säuren als Kohlensäure. Dieselben Prozesse finden bei dem Nachreifen der abgeschnittenen Trauben statt.[1])

Das Brechen der Zweige.

Eine weitere Steigerung der im Vorigen besprochenen Verwundung besteht in dem vollständigen Einbrechen des verholzten, beblätterten Triebes in einer

[1]) Biedermann's Centralbl. f. Agrikultur-Chemie 1879, S. 232.

geringer ist die Beschädigung des Zweiges, desto geringer aber auch die erhoffte Wirkung. Die Augen, welche sich unterhalb einer in der Nähe der Zweigspitze angebrachten Biegungsstelle befinden, werden zu schlanken Laubtrieben sich entwickeln; dagegen ist die Streckung der durch eine Biegung in der Nähe der Zweigbasis geweckten Augen gering und ihre Umbildung zu Fruchtaugen leichter möglich.

Daß sich Triebe aus Basalaugen eines Zweiges überhaupt weniger strecken als solche aus Terminalaugen, dürfte durch das Verhältniß des Markkörpers zum Holzkörper erklärlich werden. Die schwache Anlage des tief am Zweige stehenden Seitenauges hat keinen so überwiegend großen Markkörper im Verhältniß zu dem Holzkörper, wie das Auge an der Spitze, also kein so überwiegendes, die Längsstreckung bedingendes Schwellgewebe. Die Internodien bleiben kurz und das von den Blättern erarbeitete, plastische Material vertheilt sich auf kürzere Strecken, ist also relativ reichlicher, mithin zur Fruchtanlage günstiger.

Man hat sich bisher nicht gefragt, woher die verzögernde Wirkung des Biegens kommt. Eine Verletzung sieht man äußerlich nicht am Zweige, sondern man gewahrt nur an der Oberseite der Biegung eine etwas größere Straffheit, an der Unterseite eine Faltung der Rinde, die sich etwa über ein Viertel des Kreisumfanges erstreckt.

Diese Faltung der Rinde ist auf Taf. XI, Fig. 1 rf und Fig. 2 rf angedeutet. In der That ist aber eine Gewebestörung vorhanden. Man findet zunächst schon bei der Betrachtung mit bloßem Auge im Längsschnitt (Fig. 1 h) und im Querschnitt (Fig. 2 u) eine Holzanschwellung auf der Unterseite unterhalb einer mattbräunlichen, an der Biegungsstelle verbreiterten Zone (Fig. 1 und 2 hp). Der Rindenkörper zeigt außer der Faltung keine so wahrnehmbare, gleichmäßig zunehmende Verdickung.

Das Dickenverhältniß der Unterseite zur Oberseite der Rinde ist bei dem hier gezeichneten Äpfelzweige wie 50 : 42, während die Unterseite des Holzkörpers sich zur Oberseite verhält, wie 2 : 1. Der Markkörper (m) erscheint im Längsschnitt, besonders in der unteren Hälfte, schwach bräunlich gestreift. Unter dem Mikroskope erweisen sich viele der in wellige Reihen oft geordneten Zellen des Markes und der Markkrone mit bräunlichem Inhalte und gebräunten Wandungen versehen. Letztere sind bei einzelnen Zellen, die der Markunterseite angehören, hier und da eingeknickt und an diesen Knickstellen durch neu entstandene Intercellularräume von einander getrennt. Dieselbe Lockerung zeigen diese Zellen auch im Querschnitt.

Die Störungen der Rinde lassen sich am besten in den vorspringenden Falten der Unterseite (Fig. 1 und 2 rf) erkennen. In solchen, durch das Biegen vom Holzkörper abgeplatzten Falten zeigen die Bastbündel (Fig. 3 hb) in der Regel eine starke Krümmung nach außen, entsprechend den peripherischen, durch das Quetschen der Epidermiszellen in bedeutender Dicke entstandenen Kork-

Fig. 3.
l
l
k
r
hb

Fig. 1
m
h
nh
hp
fh
rf

Fig. 4
mk
g
fh
hp
hp'
h
z
h'

Fig. 2.
o
m
mst
hp
fh
u
rf

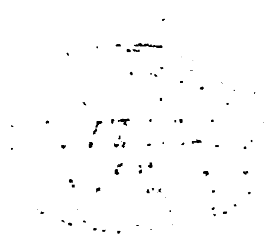
b

Fig. 5.
a.
b

Fig. 6.
d d n
m
a
u u
w
n h h' n' r' m m n'
r' n h m h n r

Verlag von PAUL PAREY in Berlin.





lagen (k) und dem Rindenparenchym (r), das durch zahlreiche Lücken (l) in unregelmäßige Parthien auseinander gerückt ist. In diesen Lücken finden sich einige Zeit nach der Biegung einzelne Brücken radial gestreckter Zellreihen, die durch Verlängerung der noch streckungsfähigen Zellen der jungen Innenrinde entstanden sind.

Die Biegung ist am vorliegenden Apfelzweige zu Anfang des Sommers, wie dies in der Praxis geschieht, ausgeführt worden. Die Rinde hat sich an den oben beschriebenen Falten in der Cambialregion vom Holzkörper abgehoben. Die Befreiung des Holzkörpers an diesen Stellen vom Rindendruck hat die Bildung eines reichlichen, stärkeerfüllten Holzparenchyms zur Folge gehabt, wie der Längsschnitt durch den Holzkörper (Fig. 4 hp) zeigt. Nach Ausfüllung der Lücke und Herstellung des Rindendruckes ist das Holzparenchym allmählich wieder in normales Holz (Fig. 4 hh') übergegangen.

Die Ausfüllung der Lücke erfolgte hier durch Verschmelzung der beiden aufeinander zu wachsenden Parenchymparthien, die sich in der Mittelzone (z) vereinigt haben. Diese gelbe Zone löst sich bei starker Vergrößerung zu einem Streifen stark zusammengepreßter Zellen auf. In andern Fällen entsteht die Ausfüllung der Lücke auch durch parenchymatische Neubildungen sowohl von der abgehobenen Rindenzone, als auch, wie bei Schälwunden von dem stehengebliebenen, jungen Splintgewebe aus. In allen Fällen beginnen nach der Ausfüllung zunächst Gefäße im Holzparenchym aufzutreten, die allmählich ihre normale Länge und Ausbildung erhalten, von anfangs kürzeren, dünnwandigeren, später normal langen und dickwandigeren Holzzellen begleitet werden und so das normale Holz einleiten.

Nach der Schließung dieser Biegungswunden ist der Einfluß der Biegung aber immer noch weiter durch eine stärker auf der Unterseite, als auf der Oberseite stattfindende Holzproduktion bemerkbar. Das neugebildete Holz (Fig. 4 h) folgt auf der Unterseite in seiner Lagerung der Wellenform, welche durch den Holzparenchymkegel bedingt wird. Gegenüber den sparsameren, gleichzeitig entstandenen Elementen der Oberseite der Biegungsstelle sind anfangs die Prosenchymzellen auf der Unterseite kürzer und stumpf mit breiten Wandungen aufeinanderstehend. Ferner finden sich auf der Unterseite zunächst reichlicher gefächerte, mit Stärke erfüllte Holzzellen und Holzparenchymreihen (hp') zwischen den derbwandigen, prosenchymatischen Elementen.

In der Zeichnung sind des Raumes wegen größere Gewebeparthien weggelassen worden; es fehlt ein Theil des vor der Biegung gebildeten, normalen Holzkörpers, sowie ein Theil des nach der Bildung des Holzparenchyms entstandenen, die Biegung ausgleichenden Uebergangsgewebes. In Fig. 4 bedeutet fh das diesjährige Frühlingsholz, g die den Markkörper mk begrenzenden Spiralgefäße. Fig. 5 a sind Markzellen, die durch die Biegung gelockert, b

solche, die unversehrt geblieben sind und aus der oberen Hälfte des Markkörpers stammen.

Wenn man den gekrümmten Zweig von der Biegungsstelle aus aufwärts und abwärts untersucht, so findet man, daß im vorliegenden Falle der Einfluß der Krümmung sich durchschnittlich auf etwa 6 bis 8 cm Länge erstreckt.

Die Messungen des zur Zeichnung gewählten Zweiges ergeben Folgendes: Es betrug

die Rinde 6 cm unterhalb der Biegungsstelle	oberseits	31 [1]
	unterseits	35
„ „ an der Biegungsstelle	oberseits	41—42
	unterseits	42—51
„ „ 6 cm über der Biegungsstelle	oberseits	97
	unterseits	87
das Holz unter der Biegungsstelle	oberseits	200
	unterseits	197
„ „ an der Biegungsstelle	oberseits	174
	unterseits	293
„ „ über der Biegungsstelle	oberseits	135
	unterseits	187

Daraus berechnet sich also die Dicke des Zweiges auf 4,65 mm unterhalb der Biegungsstelle, auf 5,50 mm innerhalb und auf 5,06 mm oberhalb der Biegungsstelle. Die Rinde zeigt nach der Spitze hin eine bedeutende Dickenzunahme, das Holz selbst nach der Biegung zeigt eine Abnahme, wie zu erwarten war. Innerhalb der Biegungsstelle ist der Holzkörper der Unterseite im Verhältniß von 2 zu 3 dicker geworden, wogegen derselbe auf der Zweigoberseite die nach der Spitze hin eintretende, normale Abnahme zeigt.

Eine Zählung der Zellen innerhalb eines Radius der Stelle, an der die Messung ausgeführt worden war, ergab, daß die Rinde überall annähernd dieselbe Anzahl von Zellen besaß; bei dem Holzkörper aber zeigten sich bedeutende Schwankungen. Auf der Oberseite besaß derselbe

unterhalb der Bieg. 110—118, in der Bieg. 80, oberhalb 70—76 Zellen; auf der Unterseite des Zweiges

unterhalb der Bieg. 105, in der Bieg. 131, oberhalb 112 Zellen.

Hier hatte sich der Einfluß der Biegung weiter nach oben hin fortgepflanzt. Dies Verhältniß giebt sich auch in der Art und Weise des Holzzuwachses zu erkennen. Derselbe vertheilt sich folgendermaßen.

Die Dicke des Holzkörpers vor der Manipulation betrug

unterhalb der Biegungsstelle { oberseits 62,0 % des zur Zeit der Messung
unterseits 61,9 % vorgefundenen, durch Nach-

[1]) Die Zahlen bedeuten 1/100 mm.

innerhalb der Biegungsstelle	oberseits	50,6 %	wuchs verstärkten Holz-
	unterseits	35,2 %	cylinders.
oberhalb „ „	oberseits	67,4 %	
	unterseits	51,4 %	

Der Zuwachs von der Zeit der Biegung bis zur Zeit der Untersuchung betrug

		an Herbstholz	an Frühlingsholz
unterhalb der Biegungsstelle	oberseits	31 %	8 %
	unterseits	31,9 %	6,1 %
innerhalb „ „	oberseits	39 %	10,4 %
	unterseits	51,8 %	13,4 %
oberhalb „ „	oberseits	28,1 %	5,9 %
	unterseits	27,2 %	21,9 %

Also der Holzzuwachs ist trotz der großen Spannung, die durch das Biegen des Zweiges an der convexen Seite innerhalb der Biegungsstelle herrschen dürfte, doch auch an der Oberseite verhältnißmäßig höher, als ober- und unterhalb der gebogenen Stelle. Die Gewebelockerung, welche sich an der Biegungsstelle geltend macht, ist auf der Oberseite nicht mehr weit hinauf kenntlich; dagegen läßt sich dieselbe auf der Unterseite noch bis auf 6 cm nach der Spitze hin verfolgen.

Auch in den radialen Dimensionen der einzelnen Zellen läßt sich die Gewebelockerung nachweisen. Das Mittel aus der Länge der Markstrahlzellen betrug

	unterhalb der Biegung	in der Biegungsstelle
oberseits	4,84	5,83
unterseits	4,98	4,31

Ausschlaggebend ist der radiale Durchmesser der Holzzellen; derselbe zeigt sich

	unterhalb der Biegung	in der Bieg.	oberhalb der Bieg.
oberseits am Zweige	1,57	1,83	1,66
unterseits	1,63	1,93	1,73

Die Holzzellen sind also innerhalb der Biegungsstelle am weitesten; oberhalb derselben sind sie noch weiter als unterhalb. Auf der Zweigunterseite erscheinen sie hier weiter, als auf der Zweigoberseite.

Je nach der Größe des Bogens, den der Zweig bei der Krümmung beschreibt, sowie je nach der Zeit der Ausführung der Biegung und nach der Spezies, ja selbst je nach der Individualität des Zweiges sind die anatomischen Veränderungen, quantitativ wechselnd.

Natürlich treten dieselben Verhältnisse auf der entgegengesetzten Seite des Zweiges ein, wenn derselbe aus einer natürlichen Horizontallage plötzlich nach oben gebogen wird. Die Allgemeinwirkung bleibt dieselbe; die durch die Biegung convexe Seite hat durch die vermehrte Spannung der Rinde zunächst mindestens

in den Rindenpartien größeren Druck auszuhalten, während die concav gewordene die oben beschriebene Lockerung erfährt. Es scheint nach den Zuwachsmessungen, daß am 1jährigen Zweige die Lockerung der Unterseite später dem Holzkörper der Oberseite ein Ausbiegen nach der Unterseite hin gestattet und demselben dadurch ebenfalls Gelegenheit zu größerer Zellvermehrung und Zellstreckung giebt. Durch die auf der concaven Seite hervorgehende Holzparenchymbildung wird der Wasserstrom nach der Spitze verlangsamt, zu Gunsten des unmittelbar unter der Biegungsstelle befindlichen Auges. Die bevorzugte Stellung des Auges wird erhöht, sobald dasselbe austreibt; jetzt tritt nämlich noch die Saugkraft der assimilirenden und dadurch hauptsächlich verdunstenden Blätter hinzu.

Man hat also in dem Biegen der Zweige ein einfaches Mittel, den Längstrieb zu mäßigen und die Wasserzufuhr auf Augen zu lenken, welche ihrer Lage und Anlage nach wenig zur Weiterentwicklung befähigt sind.

Die durch die innere Verwundung bei dem scharfen Biegen der Zweige entstandene Gewebevermehrung ist nicht zu verwechseln mit der für die Kulturzwecke unwirksamen Wachsthumsbegünstigung, welche auch bei den normalen, unverletzten, zur Horizontalen geneigten Zweigen in den einzelnen Jahresringen stattfindet. Nach den Studien von Kny[1]) findet man als Regel, daß die dicotylen Holzgewächse ihre mehrjährigen Zweige auf der Oberseite stärker verdickt zeigen, als auf der Unterseite; bei den Coniferen findet das Gegentheil statt. Derartige Ungleichmäßigkeiten, welche sich übrigens an demselben Zweige in den verschiedenen Internodien ändern[2]) und welche hauptsächlich von Aenderungen in der Gewebespannung, von den verschiedenen Ernährungsverhältnissen jedes einzelnen Internodiums durch Blätter oder Seitenzweige, auch oft von den in der Nähe abgehenden, größeren Aesten und Nebenwurzeln abhängen[3]), haben keinen Einfluß mehr auf die Oeconomie des Zweiges. Sie sind als Folgeerscheinungen der stets wechselnden Combinationen der Wachsthumsfaktoren zu betrachten, deren Einfluß sich längst ausgeglichen hat. Nur der tiefe, gewaltsame Eingriff, die plötzliche Störung verspricht den für die Kultur nöthigen Erfolg.

Die anfänglich naheliegende Vermuthung, daß die Varietäten einer Baumspezies ein um so geringeres Wachsthum und eine um so größere Fruchtbarkeit besitzen dürften, je horizontaler nun die Aeste in ihrer natürlichen Anordnung stehen, hat sich in keiner Weise bestätigt.

---

[1]) Kny: Ueber das Dickenwachsthum des Holzkörpers in seiner Abhängigkeit von äußeren Einflüssen. Berlin 1882, S. 12. Hier auch die älteren Literaturangaben.

[2]) Sorauer: Beitrag zur Kenntniß der Zweige unserer Obstbäume. Forschungen auf d. Gebiete d. Agrikulturphysik. Bd. III, Heft 2, 1880, S. 10.

[3]) Detlessen: Arb. d. bot. Inst. zu Würzburg. Bd. II, cit. Bot. Zeit. 1882, S. 699.

Wie sehr aber auch ein geringer künstlicher Eingriff sofort das Zweigleben irritirt, sehen wir an den Untersuchungen von Kraus.[1]) Aus ihnen ergiebt sich, daß horizontal gelegte Stengelstücke oder Stengel in kurzer Zeit zuckerreicher werden, als die gleichgebildeten, senkrecht stehenden sind. Sofort bei dem Niederlegen hebt die Zuckerbildung an. Bei den negativ geotropischen, also sich in die Höhe krümmenden Zweigen erwies sich die concave (obere) Hälfte spezifisch schwerer, als die untere, was bereits Hofmeister richtig angegeben. Dieser spezifisch leichtere Zellsaft der Unterseite ist prozentisch ärmer an Zucker und freier Säure, welche beide bei dem Krümmungsvorgange verbraucht werden. Neben dem Verbrauch gelöster Stoffe auf der Unterseite findet auch eine Wasserwanderung von der Oberseite aus statt. Diese Wasserzufuhr ist aber nicht von der Krümmung abhängig; denn man findet schon vor der Krümmung an horizontal liegenden Sprossen, daß die Unterseite wasserreicher ist. Es ist also die horizontale Lage allein die Ursache dieser Differenzirung. Ganz analoge Resultate stellten sich bei Untersuchung der heliotropischen Krümmungen ein.

Wenn ich die einmaligen Untersuchungsergebnisse mehrjähriger Aeste eines Apfelbaumes als allgemein zutreffend ansehen dürfte, so würde sich für solche alten Achsenorgane ergeben, daß die wagrechten, ganzen Zweigstücke etwas wasserreicher, als die gleichalten senkrechten sind; ihre Trockensubstanz ist aber viel reicher an Asche, als bei den senkrechten Achsen.[2])

Es ergiebt sich somit nach den letzterwähnten Untersuchungsergebnissen ein weiterer Einfluß der gewaltsamen Biegung der Zweige zur Horizontalen. Es wird nämlich das kurz über der Biegungsstelle liegende Auge der Unterseite ganz veränderte Ernährungsbedingungen erhalten. Das durch die Biegung sich bildende Holzparenchym, sowie das gelockerte Gewebe der Umgebung werden von dem plastischen Material, das vom Zweiggipfel herabströmt, bedeutende

---

[1]) G. Kraus: Ueber die Wasservertheilung in der Pflanze. II. Der Zellsaft und seine Inhalte. Aus Abhandl. d. Naturforsch.-Gesellsch. zu Halle, cit. Bot. Zeit. 1881, S. 389.

[2]) Der Vergleich der senkrechten mit den gleichalterigen wagrechten Asttheilen einer Doppelpalmette von einem Rambourapfel ergab:

Untere Leitäste

A (rechte)		B (linke) Seite der Palmette	
wagrechter Asttheil	senkrechter Asttheil	wagrechter Asttheil	senkrechter Asttheil
54,62 % Trockensubst.	54,52 % Trockensubst.	55,66 % Trockensubst.	55,82 % Trockensubst.
2,70 % Asche davon.	1,84 % Asche davon.	2,15 % Asche davon.	2,11 % Asche davon.

Obere Leitäste

C (rechte)		D (linke) Seite der Palmette	
wagrechter Asttheil	senkrechter Asttheil	wagrechter Asttheil	senkrechter Asttheil
55,95 % Trockensubst.	56,27 % Trockensubst.	55,52 % Trockensubst.	55,74 % Trockensubst.
2,11 % Asche davon.	1,87 % Asche davon.	1,95 % Asche davon.	1,93 % Asche davon.

Mengen empfangen und speichern. Das Auge erhält durch die Biegung mehr Zucker; durch die horizontale Lage des Zweiges mehr Wasser; der Zucker, sowie die Säure werden rascher verbraucht, was sicherlich an den in der Verbrauchszone liegenden Vegetationspunkten am intensivsten stattfinden dürfte. Der Zucker dürfte zu Cellulose verbaut werden und so haben wir dann die Bedingungen für eine schnellere und reichere Entfaltung des Knospenkegels. Während aber unterhalb der Biegungsstelle die Augen bei dem vermehrten Wasserauftrieb und geringeren Mengen von plastischem Material zu Laubtrieben sich ausbilden, wird die Stauung der plastischen Baustoffe an der Biegung das vor derselben liegende Auge besonders gut ernähren und die Bildung von Blüthen anbahnen oder bei schon vorhandener Fruchtanlage die Früchte besonders vortheilhaft zur Ausbildung bringen.

Weit energischer und nachhaltiger wie das Biegen wirkt in derselben Richtung

das Drehen der Zweige.

Während der Vegetationszeit wird der Zweig in einer schon verholzten, kurzen Region zuerst durch halbseitiges Drehen der Gewebe um ihre Längsachse in diesen Parthien gelockert, meist dabei auch schon gequetscht und der Länge nach gespalten und dann an dieser gelockerten Stelle mit seiner Spitze schleifenartig nach unten gebogen, so daß, wie bei dem sog. „Schlüsselbunde" der zum Anbinden verwendeten Weidenruthen die Spitze des Zweiges in der nach der Basis gerichteten Lage verbleibt. An der Drehungsstelle gelangt die Unterseite des Zweiges nach oben, die frühere Oberseite bildet die Innenseite der scharfen Biegung, in welcher der Holzkörper bis zum Mark einbricht.

Einen möglichst demonstrativen Längsschnitt durch die knotige, verwachsene, ein Jahr alte Drehungsstelle liefert Taf. XI, Fig. 6. Darin ist m der Markkörper, der durch den beim Drehen erfolgten Bruch des Holzes mit gestört worden ist. h ist das Holz der jetzigen Oberseite, an dem bei a ein Auge sitzt. Durch die Umdrehung der Unterseite zur jetzigen Oberseite ist der Holzkörper vielfach längsspaltig und die durch die Risse entstandenen Lamellen sind in spiralige Drehung gekommen, was durch dd angedeutet werden soll. Die Risse werden zunächst durch Parenchym ausgefüllt, und die allmählich sich wieder schließende Cambiumzone lagert wellige Neuholzschichten (n) über die Wunden unterhalb der außerordentlich gespannten, nicht selten durch spiralige Längsrisse hier und da gelüfteten Rinde (r).

Die nach der Drehung zur Unterseite gewordene organische Oberseite zeigt noch größere Störungen. Der in w zerbrochene, vom Mark theilweis abgespaltene Holzkörper (h') hat sich durch sehr unregelmäßig bogig gelagerte Parthien von Holzparenchym zu einem großen Knoten u geschlossen, der bei fortgesetztem Wachsthum durch die Neuholzbildungen (n') stetig an Umfang zunimmt.

Wie durch eine derartige Gewebeverletzung die Spitzenernährung des

Zweiges gestört werden muß, wie das als Stärke sichtbare Reservematerial, das in den parenchymatischen Ueberwallungspartien der Wundränder lagert, den nächstliegenden Augen zum Vortheil gereichen muß, ist leicht einzusehen. Daß neben dieser stärkeren Ernährung auch die unmittelbar unter der Drehungsstelle befindlichen Augen von dem vermehrten Wasserdrucke profitiren werden, geht aus dem früher Gesagten ebenfalls zur Genüge hervor.

Die Manipulation des Drehens ist, wie bemerkt, ein energischeres Mittel zur Lähmung des Spitzenwachsthums eines Zweiges zu Gunsten der Stärkung basaler Augen, ohne aber dabei das unter der Verwundung liegende, höchste Seitenauge zum sofortigen starken Austreiben zu veranlassen. Nur wenn durch die Drehung die Verletzung der Gewebe so stark ausgefallen ist, daß die Triebspitze auch das nothwendigste, durch Verdunstung entweichende Wasser nicht mehr erhalten kann und schnell vertrocknet, namentlich wenn die Manipulation zu früh im Jahre ausgeführt wird, wächst das zunächst unter der Drehungsstelle befindliche Seitenauge zu einem neuen, kräftigen Laubtriebe aus. Dieser Vorfall wird natürlich vom Obstzüchter nicht beabsichtigt. Eine zu spät im Jahre ausgeführte Drehung würde zwar nicht mehr die genügende Wirkung hervorbringen, basale Augen zu Fruchtaugen vorzubereiten, aber doch das Längenwachsthum des Zweiges hemmen und das Holz besser zur Reife bringen, so daß es dem Winter besser widersteht.

Bei der Senkervermehrung der Quitten dreht man auch gern einmal den abzusenkenden Zweig um seine Längsachse an der Stelle, an welcher er in der Erde Wurzeln bilden soll. Die Art der Störung ist ähnlich, wie bei dem vorerwähnten Falle; der Erfolg insofern ein anderer, als das gehemmte, absteigende, plastische Material zur Bildung von Adventivwurzeln vorzugsweise verwendet wird.

Die deutschen Weinbauer in der Umgegend von Tiflis drehen die Stiele der reifen Weintrauben und erzielen dadurch einen trefflichen Wein. Die durch diese Manipulation eingeleiteten Vorgänge werden folgendermaßen ineinander greifen. Durch das Drehen des Stiels wird die Wasserzufuhr aus der Rebe in die Traube gemäßigt; dadurch erlangt die Verdunstung ein größeres Uebergewicht über die Zufuhr und der Saft der Beeren wird concentrirter. Was an Stärke etwa noch in den Stielen ist, wird als Zucker noch nach den Beeren geschickt. Dieselben verathmen dabei auch einen Theil der organischen Säuren als Kohlensäure. Dieselben Prozesse finden bei dem Nachreifen der abgeschnittenen Trauben statt.[1])

Das Brechen der Zweige.

Eine weitere Steigerung der im Vorigen besprochenen Verwundung besteht in dem vollständigen Einbrechen des verholzten, beblätterten Triebes in einer

[1]) Biedermann's Centralbl. f. Agrikultur-Chemie 1879, S. 232.

Höhe, welche ein späteres Schneiden auf die entsprechende Länge noch zuläßt. Die Ausführung der Manipulation erfolgt in der Regel derart, daß der Zweig an der betreffenden Stelle mit einem Finger über die senkrecht zur Längsachse gestellte Messerklinge gebrochen wird. Die dadurch entstehende, splitterige Wundfläche, welche außerordentlich schlecht verheilt, erstreckt sich meist so tief, daß die Zweigspitze nur noch an dem jungen Holzkörper und am Rindenkörper der Unterseite hängt.

Die Verbindung ist zwar damit noch nicht ganz aufgehoben und somit augenblicklich immer noch eine kleine Ablenkung des aufsteigenden Wasserstromes von den obersten Augen der stehengebliebenen Zweigbasis geschaffen, allein die nach der Spitze noch hingelangende Wassermenge ist so gering, daß das über der Bruchstelle befindliche Zweigende meist in kurzer Zeit eintrocknet.

Man kann also in Rücksicht auf die drei Manipulationen des Biegens, Drehens und Brechens der Zweige sagen, daß sie drei, in ihrer Wirkung sich steigernde Verfahrungsweisen zur Ausbildung der untern Zweigpartbien sind. Das vierte, schärfste, in der Regel am spätesten anzuwendende Verfahren würde dann durch den direkten Schnitt repräsentirt werden.

Das Einschneiden oder „Kerben“.

Bei dem Bestreben der jetzigen Obstzucht, möglichst symmetrische Figuren aus den Spalierbäumen zu bilden, liegt dem Züchter oft wesentlich daran, nicht einen ganzen Zweig, sondern nur ein bestimmtes Auge zur Triebentwicklung zu zwingen und zwar unter Umständen, welche eine Anwendung der bisher erwähnten Verfahrungsweisen ausschließen. Man bedient sich in solchen Fällen des „Kerbens“. Unter „Kerben“ versteht man die Fortnahme eines schmalen, hufeisenförmigen oder dachartigen Rindenstreifens unmittelbar über einem Auge oder Aste, dessen vegetative Entwicklung man befördern will.

Indem man mit der Mitte der senkrecht aufgesetzten Messerklinge einen Schnitt bis auf den jungen Holzkörper derartig ausführt, daß das Auge resp. der Ast halb umrahmt wird und einen zweiten Schnitt derartig folgen läßt, daß derselbe mit dem ersten eine der Mondsichel ähnliche Figur bildet und nun das zwischen beiden Schnitten befindliche Rindenstück abhebt, hat man die Rindenleitung des Wassers unterbrochen.

Die Theorie, daß in der Rinde das plastische, organisirte Material abwärts, im Holzkörper der rohe Wurzelsaft aufwärts steigt, ist nur insofern als richtig zu betrachten, als man ganz im Allgemeinen damit die Gewebe bezeichnet, in denen die Leitung vorherrschend stattfindet. Man darf aber nicht vergessen, daß jederzeit, wenn auch in der Regel weniger intensiv, ein Stoffaustausch auf andern Wegen ebenfalls noch sich vollzieht. Wenn wir uns überlegen, daß vom Herbst bis Frühjahr der Markkörper, die Markstrahlen und nicht selten auch diejenigen parenchymatischen Holzelemente, welche bei üppigen Obstsorten

die in die Blattstiele gehenden Gefäßbündel begleiten, reichlichst mit Stärke angefüllt sind, so sehen wir, daß die Reservebaustoffe des Baumes im Holzkörper abgelagert, wenn auch nicht dort erzeugt worden sind. Dieses plastische Material wird von dem Cambium zu Neubildungen verwendet und wandert also in der Querrichtung von innen nach außen zur Bildung neuer Splint- und Rindenelemente beitragend, wie sich dies bei Schälwunden beweisen läßt. Ganz selbstverständlich wird aber auch andrerseits das saftige, grüne Rindengewebe mit seinen verhältnißmäßig dünnen Wandungen die Leitung von Wasser oder einer rohen Bodenlösung neben andern Geweben übernehmen, wenn an irgend einer Stelle des Pflanzenleibes sich der Bedarf an diesen Stoffen einstellt. Sehen wir doch, daß Rindenstreifen, welche nur noch durch ihren oberen Theil mit der festaufsitzenden, normalen Rinde zusammenhängen, nicht immer vertrocknen, sondern unter günstigen Umständen sich mit einem neuen Holzkörper bekleiden. Hier ist außer den von den Blättern herabkommenden, organisirten Zellbaustoffen auch von oben herab so viel Wasser in den herabhängenden Rindenstreifen gewandert, daß derselbe neue Rinde und in der Rinde einen neuen Holzkörper entwickelt und endlich wie ein isolirter Stamm für sich fortlebt.

Wir erkennen somit eine verhältnißmäßig bedeutende Wasserleitung in der Rinde der Bäume. Bei andern Pflanzen scheint die Rindenleitung keine wesentliche Rolle zu spielen. Wenigstens beobachtete ich junge Kohl- und Gurkenpflanzen in Wasserkultur, die durch die große Sonnenhitze eines Julitages an der Stengelbasis verbrannt waren, so daß die Pflanzen am Tage welkten. Am andern Morgen war das Parenchym der Stengelbasis auf 1—2 cm Höhe zusammengetrocknet, und trotz dessen war und blieb die Pflanze frisch, so daß die Leitung nur durch den jungen Gefäßbündel- und Markkörper zunächst stattgefunden haben muß.

Die Wasserleitung in der Baumrinde wird je nach Bedarf von oben nach unten, in den häufigeren Fällen von unten nach oben geschehen. Am oberen Theile des Stammes und der Aeste verbrauchen die Wachsthumsheerde der sich entfaltenden Knospen, verbraucht die schnell wachsende Spitze große Quantitäten von Wasser. An den jungen meristematischen Spitzen ist noch kein Holzkörper, welcher eine Wasserleitung zu übernehmen im Stande wäre; hier vollzieht sich der Stoffwechsel und also auch die Wasserleitung zunächst lediglich durch Membrandiffusion, indem die wasserbedürftigen Zellen aus den unter ihnen liegenden, benachbarten, schon etwas älteren, ihren Bedarf entnehmen und diese wieder, weiter rückwärts greifend, noch tiefer liegenden Gewebeschichten das Wasser zu entziehen suchen. Wenn man nun bedenkt, daß am grünen Sproß das Parenchym des Blatt- und Knospenkörpers in direkter Verbindung mit dem Rindenkörper des Zweiges steht, so ist es selbstverständlich, daß das alle Zellwände und Zellinnenräume durchströmende Wasser aus einer Parenchymzellwand in die nächsthöhere, dicht anliegende treten wird, wenn diese Wasser-

bedarf hat. In der soeben wasserärmer gewordenen Parthie der Zellwand wird aus einer tiefer liegenden Region das Wasser ersetzt werden. In dieser Weise wird eine Aufwärtsbewegung des Wasserstromes dargestellt.

Wenn nun durch Entnahme einer kleinen Rindenpartie, die häufig außer der Cambiumregion auch noch die jüngsten Splintzellen enthält, an der Hälfte des Zweigumfangs die Leitung nach oben unterbrochen wird, so wird die unmittelbar unter der Kerbstelle befindliche Rinden-, Blatt- und Knospenregion mehr Wasser momentan zugeführt erhalten, da kein Verlust durch Leitung nach oben mehr stattfindet. Die durch solche erhöhte Wasserzufuhr turgescenter (saftstrotzender) gewordenen Zellen werden, soweit sie noch dehnungsfähig sind, sich nun bedeutender strecken. Solche leicht dehnbare Zellen finden sich in dem Vegetationskegel derjenigen Knospen, welche unmittelbar unter der Kerbstelle liegen, und diese werden zunächst schwellen und bei genügender Dauer des erhöhten Wasserdruckes sich sogar zu einem Triebe verlängern, der nun seinerseits durch die Verdunstung seiner Blätter und das immer kräftiger werdende Wachsthum seiner Spitze immer mehr Wasser herbei zieht.

Hiermit erklärt sich, auf welche Weise die Entnahme eines den Zweigumfang halb umfassenden Rindenstreifens günstig für die Entwicklung der unmittelbar darunter liegenden Knospe wirkt.

Die über solcher Kerbstelle liegende Zweigparthie läßt das von den Blättern bereitete, zum Neubau von den Entstehungsorten augenblicklich nicht verwendete, plastische Material allmählich nach unten wandern, bis es an der Wundstelle des Kerbes ein Hinderniß für die weitere Abwärtsbewegung erfährt. Die Kerbstelle ist eine halbseitige Ringelung; die Gewebebildung an dem vom Rindendruck bedeutend entlasteten Wundrande ist somit eine solche, wie sie bei der Ringelwunde entsteht (s. Taf. VIII, Fig. 1), d. h. eine starke Anhäufung parenchymatischen Gewebes, das später zum Speicher für Stärke und die übrigen Reservestoffe wird. Die nächstliegenden Knospen oberhalb der Kerbstelle erhalten somit für ihre weitere Ausbildung mehr Baustoffe zur Neubildung von Zellen, aber weniger Wasser zur Streckung derselben. Diese Zustände begünstigen die Ausbildung von Blüthenknospen resp. die Entwicklung von kurzen, reich mit Blättern und Knospen besetzten, kurzgliedrigen Zweigen mit starkem Rindenmantel und geringerem Holzkörper. Diese stellen Fruchtzweige dar.

Die Augen oberhalb einer Kerbstelle werden also durch die Verwundung zur Bildung von Fruchtholz befähigt.

Sobald die Ueberwallungsränder der Kerbstelle mit einander verschmelzen, die Leitung zwischen Gipfel und Basis des Zweiges wieder vollkommen hergestellt wird, hört die Wirkung des Einkerbens auf.

Es kommt nun nicht selten vor, daß die Wundränder der Kerbstelle mit einander verschmelzen, bevor die beabsichtigte Veränderung im Charakter der

vom Züchter behandelten Knospen eingetreten ist. In diesem Falle bleibt nichts übrig, als im folgenden Jahre die Prozedur des Einkerbens zu wiederholen.

Was hier vom Auge gesagt ist, bezieht sich auch auf den späteren Entwicklungszustand desselben, auf den Zweig und Ast; bei stärkeren Aesten wird man sich statt des Messers der Säge zu bedienen haben und der Stärke des Astes die Weite der Kerbstelle anpassen. Während bei dem einjährigen Zweige die Entnahme eines 1—4 mm breiten Rindenstreifens in der Regel genügt, kann sich die Breite des Einschnittes bei starken Aesten bis auf 1 cm steigern.

Für die beste Zeit der Operation dürfte der Herbst oder in weniger günstigen Lagen der Ausgang des Winters gelten. Bei der Ausführung im Herbst hat man den Vortheil, daß sich an den Wundrändern noch Ueberwallungsgewebe bildet und die Knospen schon während der Winterruhe des Zweiges von den veränderten Ernährungsverhältnissen Vortheil ziehen. Die Knospe geht während der laublosen Zeit sicherlich noch eine ganze Reihe von Veränderungen durch, bevor sie im Frühjahr austreibt. Man ersieht dies daraus, daß die Knospen desselben Baumes, welche zu Anfang des Winters zum Treiben durch künstliche Wärme angeregt werden, lange Zeit zur Entfaltung brauchen, während dieselbe Tagestemperatur bei Zweigen, welche zu Ende des Winters geschnitten werden, in viel kürzerer Zeit eine Entwicklung der Knospen veranlaßt. Der Nachtheil des Einkerbens im Herbst besteht in der leichteren Beschädigung der Wundstelle durch Frost. Bei Steinobst namentlich ist die Verwundung gefährlich, da hier außerordentlich leicht der Gummifluß entsteht.

Der Längseinschnitt.

Wir haben bereits in dem theoretischen Theile dieses Capitels der anatomischen Vorgänge bei dem „Schröpfen" d. h. bei der Ausführung senkrechter Längseinschnitte an einzelnen Seiten oder rings am ganzen Umfange des Stammes gedacht. Hier haben wir im Anschluß an die kurz zu wiederholenden Resultate obiger Darstellung die praktische Anwendung des Verfahrens in's Auge zu fassen.

Der Vortheil des Schröpfens ist in dem Einfluß, den die Rindenlockerung auf die Holzproduktion ausübt, erkannt worden. Die Rinde wirkt, wie ein schnürender Gürtel auf das Cambium und die aus demselben sich herausbildenden Zellelemente. Dem normalen Rindendrucke verdankt das Holz die der Längsachse des Organs folgende Streckung seiner Zellen, verdankt es ferner das bestimmte Verhältniß zwischen Gefäßen und Holzzellen und indirekt auch das Maß der Wandverdickung der Letzteren. Schnürt der Rindenmantel stark, dann können sich die Holzzellen in der Richtung des Radius des Stammes oder Zweiges wenig ausdehnen und nehmen den Charakter des Herbstholzes an; umgekehrt bedingt ein verhältnißmäßig schwacher Rindendruck den weit-

zelligeren Bau des Frühjahrsholzes. Wird aber stellenweise der Rindendruck nahezu ganz aufgehoben, dann wird das aus dem Cambiumringe hervorgehende Holzgewebe kurz und weitzellig, parenchymatisch seiner Gestalt nach, gefäßarm oder gefäßlos und in der Mehrzahl der Fälle zur Zeit der Ablagerung der Reservestoffe angefüllt mit Stärke. Diese weiteren Holzparenchymzellen nehmen einen größeren Raum ein und bewirken somit eine Erhebung über die Ebene der Stammoberfläche. Der an einer solchen Stelle entstehende Holzkörper ist also lockerer gebaut und für Frostwirkungen z. B. empfindlicher.

Der bei dem normalen Wachsthum des Holzkörpers stattfindende, allmähliche Uebergang von radial weiteren Holzzellen (Frühlingsholz) zu radial engeren erklärt sich durch den im Sommer zunehmenden Rindendruck. Im Winter werden durch den Frost, durch das abwechselnde Gefrieren und Aufthauen der Rindenpartien die Korklagen derselben stellenweis gesprengt und der Rindendruck vermindert. In Folge dessen hat das im Frühjahr aus dem Cambium hervorgehende, durch den Laubausbruch wasserärmer werdende und sich zusammenziehende Holz mehr Spielraum zu seiner radialen Ausdehnung und wird weitzellig und gefäßreich. Wenn bei stark mit Feuchtigkeit speichernden Flechten und Moos überzogenen Stämmen die Einwirkungen der Temperaturschwankungen auf den Rindenkörper herabgemindert und damit das Einreißen desselben beschränkt oder gar verhindert wird, der Rindendruck also nur wenig im Winter nachläßt, wird ein schädlicher Einfluß auf die Cambiumausbildung im folgenden Jahre sicherlich möglich sein. Es werden Wachsthumsstörungen folgender Art eintreten können. Da, wo der vermooste Stamm nicht mit den Polstern der erwähnten Kryptogamenvegetation bedeckt ist, oder dort, wo seine Zweige durch ihre manchmal vorkommenden Abweichungen (Holzparenchymbildung) im inneren Bau bei geringeren Temperaturschwankungen schon Rindenrisse erhalten, wird die Lockerung des Rindenmantels und damit eine gesteigerte Thätigkeit des Cambiums stattfinden. Die Ausbildung des neuen Holzmantels wird unregelmäßig, die Ernährung einzelner Parthien bevorzugt, eine Störung des Gleichgewichtes eingeleitet. Die Folge wird eine reichlichere Entwicklung mancher Augen und Zweige auf Kosten anderer sein; manche Zweige werden absterben, während einzelne Augen sich zu Wasserschossen entwickeln werden. Solche Zustände der Baumkrone sieht man häufig an „vermoosten" Bäumen, die vorzugsweise in nassen Lagen gefunden werden.

Das sich für solche Zustände nach den vorhergehenden Betrachtungen ergebende Heilmittel wird darauf hinwirken müssen, den Rindendruck gleichmäßig am ganzen Stammumfange zu machen und die Cambialthätigkeit zu erhöhen; dies geschieht durch Schröpfen.

Schröpft man bei schon eingetretener Herbstholzbildung, so regt man die Frühjahrsholzbildung wieder an, so daß man einen Jahresring mit 2 Frühlingszonen, bisweilen auch noch mit 2 Herbstzonen erhalten kann.

Wie groß das Ausdehnungsbestreben des Stamminnern und der tangentiale Zug des Rindengewebes selbst ist, sieht man in dem schnellen Auseinanderweichen der Wundränder nach Ausführung des Schröpfschnittes. Je nach der Dicke des Stammes ziehen sich innerhalb einer Stunde die ursprünglich nur durch die zarte Schneide des Messers von einander entfernten Rindenränder oft bis über einen Millimeter von einander zurück, und es gelingt auch den größten Anstrengungen nicht, diese Rindenränder wieder aneinander zu bringen.

Wir sehen, daß das „Schröpfen“ oder „Aderlassen“ eine der nützlichsten Verwundungen des Kulturschnittes ausmacht und gleichbedeutend mit einer Kräftigung des geschröpften Organs ist.

Eine solche Kräftigung des Organs ist oft nur lokal nothwendig und dann erstrecken sich natürlich die Längsschnitte nur auf die zu stärkende Parthie.

Beispiele lokaler Anwendung sehen wir bei dem Schröpfen schwacher Aeste, die dadurch verdickt werden, ferner an Astringen von Fruchtästen, die zu viel Fruchtholz und keine Holztriebe erzeugen. Auch bedient man sich dieses Verfahrens bei Veredlungsstellen, welche durch größeres Dickenwachsthum des Edelstammes unförmlich verdickt werden; hier läßt man die zahlreich rings um den Stammumfang anzubringenden Längsschnitte dicht oberhalb der Veredlungsstelle am Edelstamm beginnen und sich auf den Wildling fortsetzen. Letzterer gewinnt alsbald an Umfang. Bei Veredlungen, welche am Boden ausgeführt worden sind und bei denen der sonst noch gesunde Edelstamm durch kümmerliches Wachsthum des Wildlings zu keiner genügenden Entwicklung kommen will, bedient man sich des Schröpfens, um den Edelstamm von seinem Wildling zu befreien. Hier wird der Edelstamm reichlich an der Veredlungsstelle mit kurzen, am ganzen Umfang vertheilten Längseinschnitten versehen und diese geschröpfte Stelle dicht mit kräftiger, lockerer Erde bedeckt. An den Einschnitten entwickeln sich Triebe und Wurzeln, welche die selbstständige Ernährung des Edelstammes einleiten. Bei Zwergstämmen, also bei Birnen, welche auf Quitte und bei Aepfeln, welche auf Splitt- oder Paradiesapfel veredelt worden sind, wird das Verfahren am häufigsten anzuwenden sein.

Die Manipulation wird kurz vor Beginn des Austreibens der Knospen oder in der Zeit der Belaubung auszuführen sein, um die Wunden einer Störung durch Frost zu entziehen.

Einschnürungen.

(Hierzu Taf. XII).

Das „Einschnüren“ besteht in dem dichten Umlegen eines nicht nachlassenden Bandes (aus Bindfaden, Draht u. dgl.) um einen Stamm oder Zweig. Die Folgen dieser Manipulation ergeben sich aus der obigen Betrachtung; denn dieses Einschnüren einer Achse ist nichts anderes, als eine lokale, künstliche Vermehrung des Rindendruckes. Nur findet hier alsbald der extremste

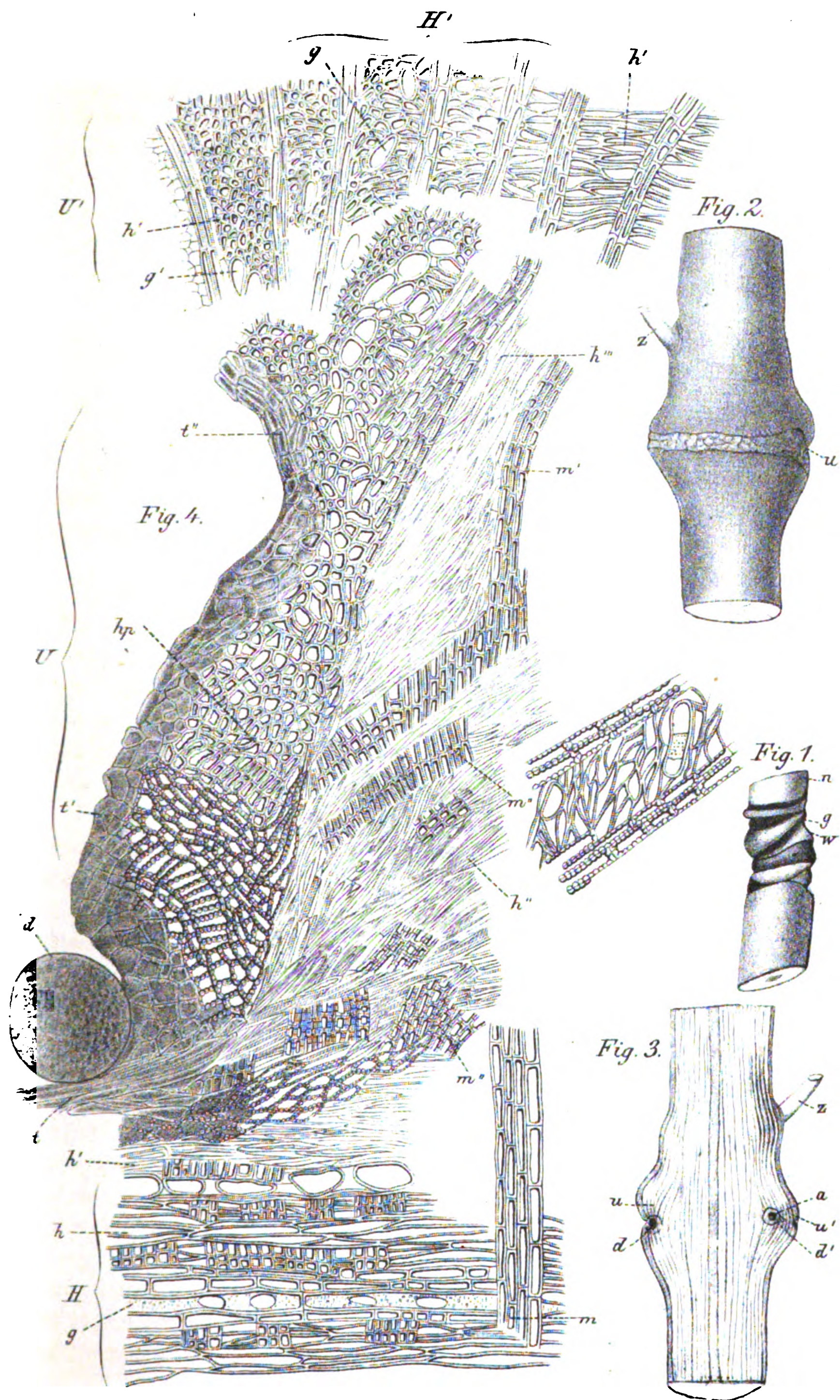
Fall von Rindendruck statt, indem die Neubildungen unter der geschnürten Stelle allmählich bis auf ein Minimum reduzirt werden und endlich gänzlich aufhören. Die Holzelemente in der Nähe des schnürenden Bandes kommen dabei aus ihrem senkrechten Verlaufe und nehmen eine schiefe, ja selbst bis zur horizontalen sich steigernde Lagerung an, so daß ich glaube, daß auch im normalen Baume die mehr oder weniger spiralige Drehung der Holzfasern bei den verschiedenen Bäumen mit dem größeren oder geringeren Druck zusammenhängt, den die verschieden gebauten Rinden ausüben.

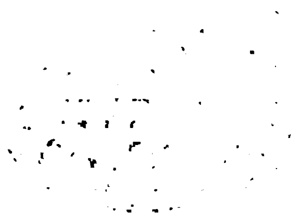
Endlich wird die Verstärkung des Baumes oberhalb der geschnürten Stelle so groß, daß die Rinde oberhalb und später auch unterhalb des Bandes reißt, also nun der Rindendruck fast gänzlich aufgehoben wird. Die Folge davon ist eine üppige Bildung von Holzparenchym, das mit dem Aelterwerden des Pflanzentheils in den späteren Jahreslagen allmählich in normales Holz übergeht und das Band resp. den Draht gänzlich überwallt. Eine solche überwallte Schnürstelle hat dann äußerlich große Aehnlichkeit mit einer Veredlungsstelle, im innern Bau natürlich nicht.

In der nebenstehenden Taf. XII sind zwei verschiedene Stadien des Einschnürens dargestellt. Fig. 1 ist ein einjähriger Ahornzweig, der eine Schnürstelle von wenigen Monaten besitzt. Fig. 2 zeigt ein älteres Aststück, das eine mehrjährige Ueberwallung eines Drahtringes aufzuweisen hat. Fig. 3 ist der Längsschnitt von Fig. 2 und im Ersterem ist dd' der Durchschnitt des Drahtringes, u der Ueberwallungsrand, welcher an der einen Seite durch die erhöhte Nährstoffzufuhr von dem überstehenden Zweige z stärker entwickelt ist und den Draht früher überwallt hat, als an der Gegenseite.

Die anatomische Untersuchung des in Fig. 1 dargestellten Stadiums ergiebt, daß das Schnüren noch nicht sehr durchgreifende Veränderungen hervorgerufen hat. Den wesentlichsten Nachtheil hat die Rinde erlitten, und zwar sind es vorzugsweise die in der primären Rinde nach außen hin zwischen den Hartbastzellen resp. den Steinzellennestern und der Epidermis liegenden Zellschichten, welche zusammengedrückt worden sind. Am stärksten zusammengepreßt erscheinen die dem Hartbast am nächsten liegenden Zelllagen; weniger scharf ist der Einfluß auf die nach außen folgenden, oft schon collenchymatisch verdickten Lagen; ihre Zellen werden auf die Hälfte bis auf ein Viertel ihres normalen Querdurchmessers zusammengedrückt, und es scheint, als würden sie dabei auch etwas verlängert gegenüber den entsprechenden, an einer ungeschnürten Stelle liegenden Zellen. Die subepidermalen, fast quadratischen Zellen werden auf etwa die Hälfte ihres Querdurchmessers zusammengepreßt; am wenigsten leidet die Epidermis.

Wenn, wie hier in Fig. 1, das schnürende Band mehrmals um den Zweig geschlungen ist, dann machen sich zwischen je 2 Umschlingungen scheinbar weit vortretende Wülste bemerkbar. In diesen ist die erwähnte Rinden-


H'
g
h'
U'
h'
g'
Fig. 2.
z
h'''
t''
u
m'
Fig. 4.
hp
U
m''
Fig. 1.
n
g
w
t'
h''
d
Fig. 3.
m''
z
t
h'
u
a
d
u'
d'
h
H
g
m



parthie in der entgegengesetzten Weise, wie an der Schnürstelle ausgebildet. Die im normalen Zweige in der Längsrichtung desselben gestreckten, dem Hartbast angrenzenden Zellen sind radial bedeutend erweitert, ja kommen selbst lang cylindrisch in einer senkrecht auf die Hartbastzellen verlaufenden Richtung vor; dadurch wird das über ihnen liegende Rindengewebe, das weniger an der radialen Erweiterung Theil nimmt, in die Höhe gehoben. Uebrigens sind die zwischen zwei Schnürstellen liegenden Aufwulstungen gar nicht absolut bedeutend; sie erscheinen nur im Gegensatz zu den Vertiefungen derartig auffallend. Den Ausbuchtungen und Pressungen der primären Rinde folgen, wenn auch mit weit geringeren Schwankungen, die secundäre Rinde und der Holzkörper. Der Druck, welcher sich auf die Gewebe geltend macht, wirkt nicht nur so weit, als grade das Band auf der Rinde aufliegt, sondern auch noch etwas ober- und unterhalb der eigentlichen Schnürstelle; man merkt dies an dem Querdurchmesser der Zellen. Diese zeigten im Mittel aus 10 Messungen ein gegenseitiges Verhältniß

normale Fig. 1 n	Wulst Fig. 1 w	geschnürt Fig. 1 g
	in der Rinde	
11,2	11,8	9,4
	im Holz	
7,3	6,9	4,6

Nach diesen Mittelzahlen, deren Glieder übrigens bedeutende Schwankungen darstellen, giebt sich also nur in den rundlich und weiter erscheinenden Rindenzellen eine Vergrößerung kund; die Holzzellen dagegen erscheinen etwas enger als im normalen Holze, wobei jedoch zu betonen, daß dieselben größten Breitendurchmesser der Holzzellen im Wulst, wie in dem normalen von der Schnürstelle entfernten Zweigtheile angetroffen werden und nur die Häufigkeit des Vorkommens den Ausschlag giebt.

Wenn die Schnürstelle jedoch älter wird, ohne daß das Band gelockert oder gelöst werden kann, wie dies bei der in Fig. 2 und 3 dargestellten Drahtumschlingung der Fall ist, dann nimmt endlich durch das Dickenwachsthum des Holzkörpers des Stämmchens der Druck des Drahtes auf die Rindenschichten derartig zu, daß dieselben getödtet und in eine braune, krümelnde Masse verwandelt werden. Schließlich reißt die gesunde Rinde ober- und unterhalb des Drahtes ein und nun beginnt der Einschluß des Drahtes durch Ueberwallung. Dadurch, daß die überwallenden Schichten des Jahresringes in Holz und Rinde bedeutend dicker als an den vom Draht entfernten Stellen sind, tritt die ehemalige Schnürstelle als bedeutender Wulst hervor.

Fig. 4 zeigt den bei Fig. 3 a angedeuteten Ausschnitt wesentlich vergrößert. Wir sehen hier im Längsschnitt einen kleinen Theil des alten Holzes des Zweiges H vor der Anlegung des Drahtes d und gewahren die Neu-

bildungen des Ueberwallungsrandes zunächst in der engsten Umgebung U des Drahtes und darauf eine Fortsetzung dieses Gewebes aus einer älteren Jahreslage U'. Die Uebergänge sind aus Mangel an Raum fortgelassen worden; ebenso fehlt die Zeichnung der über U' hinausgehenden Verschmelzung dieses ganzen oberen Ueberwallungsrandes mit dem unteren und die Darstellung des Ueberganges von den wirr verlaufenden Holzelementen des Ueberwallungsrandes zu dem normalen Holzbau, wie sich derselbe in den späteren Jahreslagen über der Drahtstelle wieder allmählich einstellt.

Wäre das Holz ohne die Behinderung durch den Draht normal weiter gewachsen, dann hätte der Bau derselbe bleiben müssen, wie er in H vor der Schnürung sich darstellt; es wären in regelmäßiger Aufeinanderfolge Holzzellen h mit Gefäßröhren g gebildet worden, und dieses weite Holz wäre durch radial verlaufende Markstrahlen m regelmäßig gefächert worden. Statt dessen sehen wir nun durch den Einfluß des Drahtes ein Holz an der Schnürstelle und oberhalb derselben h'h'', entstehen, das fast nur aus Holzzellen zusammengesetzt ist. Diese Holzfasern verlaufen auch nur noch im Anfang bei h' genau in der Längsrichtung des Zweiges; je mehr sie sich in der Richtung von h'' und h''' befinden, um so schräger sind sie gelagert, um so gedrehter erscheinen sie. Das nach dem Umlegen des Drahtes gebildete Holz ist also d i c h t e r, g e f ä ß - ä r m e r u n d g e d r e h t e r geworden. Die Markstrahlen, welche sonst als geradlinige Strahlen vom Marke nach der Rinde hin verlaufen, machen dieselbe Drehung und das Ausweichen nach oben mit, wie die Holzzellen, so daß ein genau in der Richtung des Stammradius geführter Schnitt verschiedene der gebogen verlaufenden Strahlen m'' anschneidet.

Den Unterschied zwischen Holzzellen und Markstrahlzellen bemerkt man aber erst in einiger Entfernung von dem Drahte. In dessen unmittelbarster Nähe finden wir ein fast gleichmäßiges, parenchymatisches Holz hp, dessen Randpartie abgestorben und schwarz ist und den dunklen Strich darstellt, den wir in Fig. 3 vom Draht d' aus aufwärts eine kleine Strecke verlaufen sehen. Die schwarze Furche geht nicht mehr ganz nach außen, da die späteren Jahreslagen bei Fig. 3 u' schon mit einander verschmolzen sind. Diese zu einer gemeinsamen, zusammenhängenden Holzlage mit einander verbundenen Ueberwallungsränder sind in Fig. 4 durch das Gewebe H' angedeutet. Hier finden wir die Gefäße g' und die Holzzellen nh', wie im normalen Holze (nur kürzer) gebildet; aber ihr Verlauf ist in der Ebene, welche in gleicher Höhe mit dem Draht liegt, horizontal statt vertikal, wie bei H. Erst wenn man sich etwas von der eigentlichen Schnürstelle nach oben oder unten entfernt, fangen diese Elemente an, allmählich in den senkrechten, normalen Verlauf überzugehen, Fig. 4 g'h'. Die gebräunte resp. geschwärzte Zone hp setzt sich nicht mehr bis U' fort.

Nicht ohne Grund ist die Bezeichnung „gebräunt resp. geschwärzt" ge-

wählt worden; denn die Färbung ist von t bis t' vollkommen dintenschwarz, von da aus nach t" braunschwarz. In der That ist es auch Dinte, welche den geronnenen Zellinhalt in der Nähe des Drahtes färbt. Die Gerbsäure des Gewebes hat sich mit dem Eisen des Drahtes verbunden und damit den Zellinhalt der nächsten Umgebung getödtet. Das Gift ist nun auf weitere Strecken diffundirt und zwar in dem Markstrahlgewebe weiter in das alte Holz hinein, als quer durch die Holzzellen hindurch. Daß der Draht direkt am alten Holze liegt und eine Zone desselben schon getödtet hat, darf nicht in Erstaunen setzen, wenn man bedenkt, daß der immer stärker werdende Druck des sich ausdehnenden Stammes auf den nicht nachgebenden Draht dazu führt, die weiche Rinde und das Cambium zusammenzudrücken und zu tödten. Das todte Gewebe ist nur noch in schwachen Resten am Draht erkennbar.

Wie diese verschiedenen Gewebeformen zu Stande kommen, haben wir bereits oben durch den erst bis auf das Aeußerste gesteigerten und dann durch das Platzen der Rinde um den Draht herum fast vollkommen ausgelösten Rindendruck erklären können. Die fast vollständige Lockerung der geplatzten Rinde läßt aus der Cambiumzone zunächst Holzparenchym hervorgehen; später wenn durch Verschmelzen der Wundränder über dem dadurch eingeschlossenen Drahte sich wieder Rindendruck einstellt, treten auch ächte Holzzellen und Gefäße wieder auf; aber die Lagerung dieser Elemente ist noch lange Zeit hindurch die horizontale oder spiralige, schief aufsteigende, die sich durch den starken Druck des Drahtes zu der Zeit eingeleitet hat, als die Cambiumzone des Stammes noch hinter dem Drahte lag.

Physiologisch interessant bleibt die extreme Drehung der Holzfasern, die in geringerem Maße bei sehr vielen Bäumen zu constatiren ist und bei Individuen derselben Art in verschiedenem Grade zum Ausdruck kommt. Auf trocknem Standort ist der Drehwuchs augenfälliger. Wahrscheinlich ist die minder lange dehnbar bleibende, weniger leicht zerklüftende und darum höheren Druck ausübende Rinde solcher Exemplare die Ursache der stärkeren Drehung der Holzfasern.

Der Zweck des Schnürens ist derselbe, wie der des energischer wirkenden „Ringelns". Unter „Ringeln" versteht man die Entfernung eines schmalen ringförmigen Rindenstreifens meist zur Zeit der kräftigsten Arbeit des Cambiumringes. Wir haben diese Manipulation und die daraus resultirenden Heilungsvorgänge bereits eingehend in der wissenschaftlichen Einleitung (S. 545) besprochen und die erläuternden Abbildungen in Taf. VIII gegeben. Es genügt daher hier, in Kürze noch einmal auf die physiologischen Momente zurückzukommen.

Bei dem Unterbinden, wie bei dem Ringeln findet eine Aenderung der Quantität der beiden Saftcomponenten, welche bei dem Zellwachsthum in's Spiel kommen, statt. Für die Bildung und Ausbildung einer neuen Zelle ist

außer der von den Blättern zu irgend einer Zeit erarbeiteten, organischen Bausubstanz auch noch eine bestimmte Zufuhr von Wasser nöthig, welche die Größe der Straffheit (des Turgors) der Zelle bedingt. Wenn an einem Zellenbildungsheerde, gleichviel ob derselbe in der Form eines Vegetationskegels an der Spitze einer Knospe oder als Cambiummantel auftritt, zu den neugebildeten Zellen eine bedeutende Wasserzufuhr stattfindet, dann wird der Turgor, also der Druck des Zellinhalts auf die Wandung ein sehr großer und in Folge dessen wird die junge Zellwand sich stark strecken. Die aus solchen Zellen gebildeten Glieder werden sehr lang. Ist dagegen im Verhältniß zu dem verwendbaren, plastischen Material die Wasserzufuhr gering, so tritt zwar die Zellvermehrung reichlich ein, aber die entstehenden Elemente sind kurz.

Bei dem Ringeln nun erhält die oberhalb der Ringelwunde liegende Zweigparthie das von ihrem Blattapparat bereitete, plastische Material; dasselbe kann aber nicht seiner ursprünglichen Bestimmung gemäß zur Verstärkung des Holzringes in der ganzen Zweiglänge verwendet werden, sondern wird oberhalb der Ringelstelle zunächst zurückgehalten, bedingt also eine reichlichere Zellvermehrung im Cambiumringe. Wir sehen den Durchmesser der oberen Zweigparthie gegenüber der unter dem Ringelschnitt gelegenen auffallend zunehmen. Die von der Wurzel her kommende Wasserzufuhr nach diesem Orte ist aber zunächst bedeutend vermindert. Erstens ist die in der Rinde aufwärts steigende Wassermenge durch den Ringelschnitt am weiteren Aufsteigen verhindert; ferner verliert der im Holzkörper aufsteigende Hauptstrom durch die Verdunstung an der durch den Ringelschnitt bloßgelegten Stelle in der ersten Zeit nicht unwesentliche Wassermassen. In der oberen Zweigparthie vermindert sich also der Hauptstreckungsfaktor der Zellen, der Turgor, durch die geringere Wasserzufuhr von unten. Die Zellvermehrung ist zwar reichlicher, die Zellstreckung geringer als im normalen Zweige. Während das Dickenwachsthum der geringelten Parthie gesteigert wird, bleibt das Spitzenwachsthum des Zweiges gemäßigt, die Internodien weniger verlängert. Verkürzung der Internodien bei reichlichem Vorhandensein plastischen Materials ist die erste Einleitung zur Fruchtholzbildung; somit wird durch den Ringelschnitt die Fruchtbarkeit des Zweiges schneller herbeigeführt. Nachweislich ist der oberhalb der Ringelstelle liegende Zweigtheil wasserärmer; seine ebenfalls wasserärmeren Blätter gehen früher in die Herbstfärbung ein, seine Früchte werden in der Reife gezeitigt.

Die Behauptung, daß durch das Ringeln auch größere Früchte erzielt werden, findet nur in bestimmten Fällen ihre Bestätigung. Die Weinstöcke z. B. und zwar namentlich die amerikanischen Sorten scheinen nach dem Ringeln noch eine so bedeutende Parthie von Wasser in den oberen Zweigtheil zu bekommen, daß eine Verlangsamung des Spitzenwachsthums nicht bemerkbar ist. In diesem Falle hängt also die Ausbildung der Früchte wesentlich von der

Menge des plastischen Materials ab; dasselbe wird durch das Ringeln vermehrt und gereicht den Trauben zum Vortheil.

Ebenso ist der hier und da behauptete Nachtheil des Ringelns für die Ausbildung der unterhalb der Ringelstelle etwa vorhandenen Früchte wahrscheinlich nur dann zu beobachten, wenn die Verwundung unmittelbar über einer noch nicht sehr entwickelten Frucht ausgeführt wird. Dann kann der Wasseraustrieb zu den benachbarten Laubknospen derartig stark sein, daß dieselben sich schnell entwickeln und die Frucht nicht mehr im Stande ist, ihr nöthiges Wasserquantum heranzuziehen; sie kann dann verkümmern und abfallen, während sie im Gegentheil bei später vorgenommener Ringelung in ihrer Schwellung begünstigt wird.

Die Beschleunigung in der Entwicklung der unter dem Ringelschnitt liegenden Laubknospen führt manchmal zur Erzeugung von Wasserschossen, namentlich bei Aepfeln, weniger bei Birnen, und dieser ist ebenfalls einer von den Nachtheilen des Ringelschnittes oder „pomologischen Zauberringes“.

Bei dem Weinstock wendet man diese Manipulation gegen das sog.

Verrießen oder Reeren der Trauben

d. h. gegen das Abwerfen der Beeren an.[1])

Als Ursache des „Verrießens“, das ich noch nicht zu untersuchen Gelegenheit gehabt, können zwei Vorkommnisse angenommen werden. Entweder stellt sich, wie in fruchtbaren, warmen Jahren und Lagen eine derartig üppige Triebentfaltung d. h. eine Ausbildung so vieler kräftigst das Wasser anziehender Centren ein, daß die als langsame Wachsthumsheerde fungirenden und darum mit geringer Energie Wasser anziehenden Trauben in ihrer Wasserzufuhr zu sehr beschränkt werden und Beeren fallen lassen, oder aber es konnte auch eine vorübergehende Trockenperiode und darauf folgende feuchte Zeit die Bildung einer Trennungsschicht an der Ansatzstelle der Beeren hervorrufen, grade so wie eine solche Schicht unter denselben Verhältnissen bei den Blättern im Sommer entsteht. Diese Schicht bewirkt durch die Abrundung ihrer Zellen die Lösung der Beeren. Da das Ringeln, also eine Beschränkung der Wasserzufuhr, gegen die Krankheit hilft, so ist die erstere Ursache wahrscheinlicher.

Als eine ständige, reguläre Manipulation des Kulturschnittes wird das Ringeln nie Eingang finden; es wird immer nur als drastisches Ausnahmemittel in besonderen Fällen zur Anwendung gelangen dürfen.

Selbst bei dem Weinstock, bei dem der Zauberring vielfach Anwendung gefunden, muß diese Anwendung eine beschränkte bleiben. In den „Annalen der Oenologie“ (Bd. VI, 1877, Heft I, S. 126) urtheilt Göthe, daß die Hoffnungen für eine allgemeine Ausbreitung des Verfahrens bei Weinstöcken

---

[1]) Jäger: Obstbau 1856, S. 125.

sich nicht realisiren dürften. Der Vortheil der Beschleunigung der Reife sei nicht zu verkennen; man kann auf diese Weise späte Sorten noch zum Ausreifen bringen; aber die Trauben der geringelten Reben geben einen gehaltloseren Wein. Das über der Ringelstelle befindliche Stück der Rebe stirbt leicht ab, das unter derselben befindliche wird mangelhaft ernährt, so daß die Augen unfruchtbar bleiben und bei dem Schnitt nicht berücksichtigt werden können. Außerdem brechen die geringelten Triebe sehr gern ab.

Dieses ungünstige Urtheil Göthe's bezieht sich jedoch nur auf die europäischen Reben d. h. auf Vitis vinifera. Von amerikanischen Weinen, Vitis Labrusca wird sehr günstig gesprochen. Triebe von der blauen Isabella, zu den verschiedensten Zeiten geringelt, zeigten einen vollkommenen Erfolg. „Die Beeren wurden noch einmal so groß, als bei den nicht geringelten Trauben und reiften 14 Tage bis 3 Wochen früher. Die Verwallung der Wunde erfolgte schnell und vollständig; das Mark blieb ganz gesund (während es bei Vitis vinifera in der Regel an der Ringelstelle sich bräunt) und das Holz über der Ringelstelle litt nicht, sondern entwickelte sich so normal, daß es im nächsten Jahre ebenso tragbar war als das der nicht geringelten Triebe. Auf diese Weise können wir die Trauben unserer amerikanischen Rebsorten alljährlich zur Reife bringen, ohne eine Beschädigung des Rebholzes zu Ungunsten der Tragbarkeit befürchten zu müssen."

Die hier berührten Schäden des leichteren Abbrechens der geringelten Zweige oder gar des häufigeren Absterbens derselben sind die wesentlichsten Nachtheile der Manipulation des Ringelschnittes. Sie treten am schnellsten ein, wenn die Ringelstelle sehr groß (über 0,5 cm) und die Verheilung mangelhaft ist oder gar nicht erfolgt. In diesem Falle bräunen sich die äußeren, bloßliegenden Holzschichten der Wunde und trocknen aus; in feuchten Jahren siedelt sich eine reichliche Pilzvegetation an. Bei Steinobstgehölzen tritt in der Regel Gummifizirung einzelner Gewebepartien in den Ueberwallungsrändern auf. Wird die Wunde in einem Jahr nicht gedeckt, tritt durch den Frost häufig auch noch ein Reißen des Holzkörpers und eine Beschleunigung des Absterbens im folgenden Jahre auf. Ein geringelter Zweig kann sich im besten Falle einige Jahre halten, ein stärkerer Ast noch länger, aber endlich verfällt er doch einem vorzeitigen Tode. Die Erscheinungen gestalten sich aber sofort günstiger, wenn bei dem Ringeln eine schmale Rindenbrücke zwischen dem oberen und unteren Wundrande stehen bleibt.

Die Entrindung der Stämme.

Das Schälen ist ein bei starken Aesten und Stämmen über bedeutende Strecken des Achsenorgans sich ausdehnendes Ringeln. Es ist die gefährlichste Prozedur, der ein Baum unterworfen wird. Man wendet das Schälen, d. h. das Entfernen einer 20 cm und mehr messenden Rindenpartie rings am ganzen

Umfange des Stammes dann an, wenn ein Baum in tragfähigem Alter zu keinem Fruchtansatze gelangt, sondern in üppigen Holzproduktionen verbleibt und die gewöhnlichen Mittel, wie das Herunterziehen der Aeste, Einkerben derselben u. dgl. nicht helfen wollen.

Die Gefährlichkeit des Mittels liegt in der Unsicherheit der Heilung der großen Wundfläche, die Wirksamkeit in der bedeutenden, augenblicklichen Störung der Wasserleitung nach oben und der Rückleitung des organisirten Baumaterials.

Ueber die anatomischen Vorgänge der Wundheilung ist oben (S. 556) eingehend berichtet worden. Die für die Praxis in Betracht kommenden Resultate lassen sich kurz noch einmal dahin zusammenfassen, daß durch die Operation eine absolute Vermehrung der plastischen Substanz innerhalb der Krone bei verminderter Wasserzufuhr eintritt. Diese Veränderung ist als die erste Bedingung der einzuleitenden Fruchtholzbildung anzusehen. Die Nachtheile des Austrocknens der großen Wundfläche sind wie bei dem geringelten Zweige vorhanden, aber nicht mehr die Leichtigkeit eines Schließens derselben durch Ueberwallung von den Wundkanten aus; denn bevor ein Ueberwallungsrand über eine Strecke von 20 cm und mehr sich ergießt, ist der geschälte Stammtheil bis auf tiefe Schichten hinein ausgetrocknet.

Freilich sieht man hier nicht so schnell, wie bei dem Ringeln junger Zweige, die mißlichen Folgen einer nicht gelungenen Operation, die in einem Absterben der Krone in Folge von Wassermangel bestehen. Die Vertrocknung erfolgt um so langsamer, je dicker der Stamm ist, da dessen Holzkörper für lange Zeit ein sich immer noch spärlich füllendes Wasserreservoir für die Krone abgiebt; dieser Wasserbehälter gleicht zunächst die Differenz aus, die zwischen dem der Krone zuströmenden und dem von derselben durch Verdunstung der Blätter entrissenen Wasser sich einstellt. Einmal aber tritt der Zeitpunkt ein, in welchem die durch die Blattverdunstung eingeleitete Saugkraft nicht mehr stark genug ist, die noch in den Wandungen der Holzzellen und Gefäße zurückgebliebenen Wassertheilchen loszureißen, und nun beginnen zunächst die Blätter an der Spitze oder vom Rande her zu vertrocknen als erste Einleitung zum gänzlichen Absterben der Krone.

Wenige Tage nach Ausführung der Operation kann man schon erkennen, ob dieselbe gelungen ist oder nicht d. h. ob die Wunde verheilen wird durch Bildung neuer Rinde auf dem bloßgelegten Holzcylinder in Folge des oben beschriebenen (S. 561) Neubildungsprozesses oder nicht. Schon nach wenigen Tagen bilden die jungen, durch die im Stamm gespeicherte Reservenahrung reich zur Zellvermehrung angeregten Splintzellen der Wundfläche einen sehr feinen, weichen Ueberzug neuen Gewebes, dessen chlorophyllführende Schichten nun wie die grünen Blattzellen anfangen, neue organische Substanz zu bilden und zum weiteren Wachsthum der Schälrinde und des später unter derselben auf-

tretenden, neuen Holzkörpers beizutragen. In gut gelungenen Fällen arbeitet die neue, auf der Schälstelle entstandene Rinde so stark, schafft soviel Material zur Ernährung der unter derselben neu entstandenen Cambiumzone herbei, daß nach 2 Jahren schon der ganze fortgenommene Theil ersetzt ist.

Wir ersehen aus dem Falle, in welchem experimentell durch Abschaben des jungen Holzes der Schälstelle an ihren oberen und unteren Berührungspunkten mit dem unverletzten Gewebe jeder Zusammenhang mit dem Rindenkörper des unverletzten Stammtheiles aufgehoben ist, wie wichtig die Thätigkeit der grünen, neugebildeten Schälrinde ist. Es ist daraus zu schließen, daß auch im unverletzten Stamme, dessen grüne Rindenschichten noch der Beleuchtung zugänglich sind, in jeder Höhe von den chlorophyllhaltigen Rindenzellen bedeutende Mengen plastischen Materials erzeugt und radial nach innen an die nächste Cambialzellschicht abgegeben werden, daß also die stammabwärts erfolgte Leitung der von den Blättern erarbeiteten, plastischen Substanz nicht die einzige Ernährungsquelle des Stammcambiums ist.

Betreffs der Zeit der Ausführung der Operation ist bereits angeführt worden, daß nach meinen Versuchen im Frühjahr der Erfolg viel weniger günstig ist, als im Juli, wo die in ihrer Zusammensetzung nur noch wenig sich ändernden, ausgewachsenen Frühjahrsblätter ihr plastisches Material vollständiger der Achse zuführen. Gegenüber den älteren und neueren Angaben, daß durch Beschattung und Erhaltung möglichster Feuchtigkeit der Luft die Bildung der neuen Rinde beschleunigt wird, muß ich behaupten, daß von den in der heißesten Mittagsstunde geschälten Stämmen der größte Prozentsatz gewachsen ist. Wenn man jedoch Stämme, bei denen die Neuberindung bereits begonnen hat, in Wasser einschließt, wie ich mehrfach gethan, zeigt sich insofern eine wuchernde Produktion, als die Zellen weitlumiger und gestreckter erscheinen. Namentlich sind die Lenticellen zu zungenförmigen unregelmäßigen, aus zusammenhängenden, radial gestreckten Zellen bestehenden Korkwucherungen ausgewachsen.

Bekannt ist, daß das Haupterforderniß bei dem Schälen der Stämme in der sorgfältigsten Erhaltung der zarten Cambiallage auf dem entblößten Holzcylinder besteht. Da, wo das Messer den Längsschnitt macht, um die Rinde zunächst zu spalten, erfolgt keine Neubildung mehr, und der Messerschnitt wird durch Ueberwallung von den seitlichen Rändern aus geschlossen. Ebenso bleibt diejenige Stelle ohne Neubildung, an welcher der Finger fest aufgelegen hat. Alle Vorsichtsmaßregeln helfen aber nicht, wenn man nicht einen bestimmten Zeitpunkt hoher Cambialthätigkeit zur Ausführung wählt. Den Zeitpunkt zu präcisiren, ist vorläufig nicht möglich. Der Zustand des leichten „Lösens" der Rinde, d. h. der leichten Abhebbarkeit derselben, der eine sehr junge, leicht zerreißbare Cambiallage voraussetzt, ist noch nicht bezeichnend genug; denn die Erfahrung zeigt, daß manche der leicht lösenden Stämme sich doch nicht neu berinden. Mir will es scheinen, daß die Zeit nach der Ausbildung des Früh-

lingstriebes vor Beginn des Augusttriebes die geeignetste Zeit zur Ausführung des Schälens sei.

So lange dieser geeignetste Zeitpunkt, der bei den verschiedenen Arten ein verschiedener, ja sogar bei den einzelnen Individuen derselben Art kein genau übereinstimmender, noch nicht näher erforscht und durch äußere Merkmale kenntlich gemacht ist, bleibt das Schälen eine sehr gefährliche, das Leben des ganzen Baumes auf's Spiel setzende Manipulation.

Diese Gefährlichkeit nimmt sofort bedeutend ab, wenn man die Rinde nicht am ganzen Stammumfange fortnimmt, sondern einen Verbindungsstreifen zwischen dem oberen und unteren Wundrande stehen läßt. Dieser Streifen bildet nicht nur eine Brücke für den Stoffaustausch zwischen dem oberhalb und unterhalb der Schälstelle befindlichen Stammtheil, sondern auch einen bedeutenden Wachsthumsheerd, von dem aus die seitliche Ueberwallung mit Schnelligkeit fortschreitet. Die durch Aufhebung des seitlichen Rindendruckes gesteigerte Zellvermehrung und Zellstreckung in dem stehengebliebenen Rindenstreifen bedingt eine, im Verhältniß zum Jahresringe des unverletzten Stammtheiles bedeutendere Verdickung. Eine solche, im Wachsthum begünstigte Rindenbrücke bildet sich auf diese Weise schnell zum Ersatzstamm aus, der im Stande ist, das ganze, für die Ernährung der Krone nöthige Material zu leiten, selbst wenn der geschälte Theil des Stammes tief hinein in die alten Holzlagen von der bloßgelegten Fläche aus abgestorben ist.

Aehnliche Vorgänge der Reproduktion sehen wir bei den Schälprozessen der Korkeiche. Das Material zu unsern Flaschenpfropfen ist nur Reproduktionskork, der sich durch gleichförmigeres Gefüge und hohe Elasticität auszeichnet. Dieser Wundkork kommt allein in den Handel unter der Bezeichnung „weiblicher Kork, liège femelle.“ Die ursprüngliche Borke der Korkeiche (Quercus suber L. und Q. occidentalis) die als Jungfernkork, männlicher Kork, liège male, unterschieden wird, findet wohl keine technische Verwendung.

Im Anschluß an die Vorgänge der Wundheilung, die sich auf der Schälstelle zeigen, mag hier auch einstweilen flüchtig der interessanten Fälle gedacht werden, die sich darbieten, wenn unter günstigen Umständen auf den bei dem Schälen an einem Punkte mit der unverletzten Rinde in Verbindung gelassenen Rindenlappen sich Neubildungen einstellen.

Es existiren bereits mehrfach Beobachtungen über die Neubildungen auf Rindenlappen, welche bald nur an ihrem oberen, bald am unteren Ende oder seitlich mit der unbeschädigten Rinde in Verbindung geblieben sind.

Wiederholte Experimente haben mir gezeigt, daß auf solchen, nur einseitig noch festhängenden Rindenlappen, die vor schneller Verdunstung geschützt sind, sich neues Holz bilden kann.

An den Rindenlappen kräftiger Kirschbäume ließ sich erkennen, daß die dem Holzkörper zugewendeten, jüngsten, innersten, unverletzt gebliebenen Rinden-

zellen sich hervorwölbten, nach der freien Seite hin sich verlängerten und verbreiterten und durch Bildung von Querwänden sich zur Callusentwicklung anschickten. Dieser Vorgang dauerte im vorliegenden Falle nur kurze Zeit, indem alsbald, wenige Zellen vom Rande entfernt, eine starke Korkzone in der Innenrinde sich entwickelte, welche sich an der freien Spitze des Rindenlappens mit der innerhalb der alten Außenrinde gebildeten und einen Theil des Hartbastes abstoßenden Korklage vereinigte und auf diese Weise das lebendige Gewebe des Rindenlappens nach unten und außen vollkommen abschloß.

In dieser lebendig bleibenden, durch Vermehrung der Zellen der Innenrinde dicker gewordenen Parenchymmasse des Rindenlappens bilden sich nun vereinzelte, der Länge nach verlaufende Meristemstränge, aus denen anfangs kurzzellige, später langzellige Gefäß- und Holzzellen hervorgehen. Die isolirten Holzbündel, welche auf diese Weise entstehen, zeigen eine um so größere Ausdehnung, je näher der Anheftungsstelle des Rindenlappens sie untersucht werden; sie bilden endlich, ähnlich den Bündeln im Ringelwulst, bei ihrem Uebergange in den unverletzten Stammtheil einen fast zusammenhängenden Holzring.

Bei üppigen Exemplaren und namentlich bei solchen Rindenlappen, welche durch eine Längsseite mit der normalen Rinde in Verbindung geblieben sind, entstehen häufig zwei Reihen von Holzsträngen neben einander, so daß man auf dem Querschnitt eine nach der Außenrinde hin gewendete Reihe von Holzsträngen findet, von der eine in der neuen Innenrinde verlaufende Parallelreihe durch eine breite Parenchymzone getrennt ist.

Von dieser centralen Parenchymzone aus gehen, ähnlich wie von einem Markkörper, nach beiden Seiten fächerartig oder fiederig die Markstrahlen, welche die beiden Holzlamellen auf dem üppigen Rindenlappen theilen. Bei dem Anschluß dieses Neuholzes an den normalen Holztheil keilt sich die innere der Holzlamellen aus.

Die Darstellung der weiteren anatomischen Einzelheiten mag für eine Spezialarbeit reservirt werden, da solche isolirte Holzbildungen im Rindengewebe noch mehrfach vorkommen. So sind sie z. B. in den Ueberwallungsrändern einseitig verwachsener Copulationen beobachtet worden, ferner in Wundrändern neben Knollenmasern u. s. w.

Von praktischer Bedeutung ist, daß solche neubeholzte Rindenlappen bisweilen von selbst bei Frostbeschädigungen entstehen. Ich hatte Gelegenheit, bei Ahorn und Kirsche Frostrisse zu beobachten, welche auf der Südseite der Stämme entstanden und bisweilen $1/2$ m Länge und darüber besaßen. Einzelne Kirschstämme fand ich fast der ganzen Länge nach aufgeplatzt. Die nach außen gerollten, seitlich mit der unverletzten Rinde zusammenhängenden Lappen hatten auf der Innenseite eine dicke, neuberindete Holzlamelle angesetzt. Auf der entblößten Holzfläche war in diesen Fällen keine Neubildung wahrzunehmen; vielmehr war das Holz schon tief hinein abgestorben. Was durch den Tod des

entblößten Stammtheils verloren ging, ersetzte der Baum durch die flügelartige seitliche Ausbreitung seines sich in die Rindenlappen fortsetzenden Holzkörpers.

Ausbrechen der Knospen und Triebe.

Ein Hülfsmittel der Baumzucht, welches anscheinend von geringem Einfluß auf das Leben der Achse ist, besteht in dem Ausbrechen der Augen und jungen Triebe. Letzteres Verfahren geschieht bei den für eine zu erzielende Baumform unnützen Trieben, welche bald nach Entfernung der ersten Blättchen mit den Fingernägeln abgezwickt oder mit dem Messer abgeschnitten werden. Empfohlen wird dieses Hülfsmittel dann, wenn man einen Hauptzweig durch weitere Entwicklung der Gipfelknospe verlängern will, um welche dichtgedrängt eine größere Anzahl stark ausgebildeter Seitenknospen stehen.

Häufiger noch ergiebt sich bei der Spalierzucht die Nothwendigkeit der Entfernung von Augen resp. jungen Trieben, die nach der Hinterseite oder zu sehr nach vorn gestellt erscheinen. Die Wunden, welche durch das Ausbrechen von Knospen im März oder von jungen Trieben im Mai hervorgerufen werden, sind an und für sich nicht gefährlich. Die Gefahr dieser Manipulation liegt vielmehr in einer Störung des Allgemeinbefindens des Baumes durch die plötzliche Entfernung sehr zahlreicher Wachsthumsheerde. Denn da das Fortnehmen der Knospen kurz vor oder während des höchsten Wurzeldruckes und der Zeit der Lösung der Reservestoffe stattfindet und in der Regel sehr reichlich geschieht, wird eine Menge plastischer Substanz und Bodenlösung ihrer bisherigen Wanderungsrichtung nach bestimmten Verbrauchsheerden entzogen und müssen sich im Augenblick auf andere Verbrauchsheerde werfen. Nach den von mir früher ausgeführten Versuchen an jungen Kirschbäumen bringt eine starke Wegnahme der Knospen im Frühjahr schnell den Gummifluß hervor. Derselbe leitet sich häufig ein durch Bildung von dünnwandigem Holzparenchym an Stelle von Prosenchymelementen, also durch Bildung eines Wuchergewebes, welches am leichtesten der Gummosis verfällt. Ich möchte die Bildung eines solchen Gewebes durch Verminderung des Rindendruckes und gesteigerte Nährstoffzufuhr zum Cambiumringe in Folge des Ausbrechens von Augen erklären.

Wahrscheinlich wird nun ein ähnlicher Neubildungsprozeß in Folge solcher Verletzungen auch bei Kernobst auftreten und Veranlassung zu späteren Frostschäden geben. Lucas[1]) sah außer Gummifluß auch die Gelbsucht sich einstellen und räth daher bei starktreibenden Bäumen zu vorsichtigem, nicht in zu großer Ausdehnung auszuübendem Ausbrechen. Man soll lieber das im Frühjahr Versäumte im Sommer nachholen.

In der Forstwirthschaft hat man es nicht selten mit ausgedehnten Ent-

---

[1]) Lehre vom Baumschnitt, 1869, S. 90.

knospungen verbunden mit Entlaubung zu thun. Raupen- und Käferfraß sind hier die Ursachen. Die Fichtennonne z. B. (Bombyx Monacha) die nach Ratzeburg[1]) ebenso schädlich, wie der Spinner (Bombyx Pini) bei den Kiefern, entnadelt nicht blos durch ihren Fraß die Bäume, sondern die jungen Räupchen bohren sich auch in die weichen, noch braunen Maitriebe ein, wie dies auch bei dem Spinner der Kiefer beobachtet worden ist. Ebenso ist ein Benagen der dann vertrocknenden Triebe, ja von Jördens ein Abbeißen kleiner Zweige und von Massow ein Abnagen der Spitzknospen bei Fichten gesehen worden. Die Fraßbäume werden theilweis ganz kahl gefressen, wie dies im Jahre 1856/57 in den Proskauer Forsten beobachtet worden ist.

Diese Bäume starben meist bald ab. Bei andern blieben die unteren Aeste oder auch die Spitzen schwach benadelt; von diesen erholte sich nach mehreren Jahren ein größerer Prozentsatz. Die Knospen waren z. Th. schwach ausgebildet, und es machte sich in den folgenden Jahren die größere oder geringere Beschädigung in der Entwicklung der gern zurückbleibenden Wipfel kenntlich. Da, wo die Reproduktion des neuen Laubkörpers in den auf das Fraßjahr folgenden Sommer eine sehr spärliche war, stellte sich alsbald Wipfeldürre ein, und die Bäume, namentlich die auf trocknem Boden, gingen noch nachträglich ein. Nach Mittheilungen des Oberförsters Wagner in Proskau starben unterdrückte Stämme schneller als dominirende, und Stämme, welche früher Beschädigungen, namentlich durch Abhacken von Aesten erlitten hatten, erlagen schneller, als voll beästete.

Bei dem Schnitt von Fichtenhecken, könnte man einwerfen, zeigen sich derartige, tödtliche Folgen nicht. Der Einwurf ist aber ohne Belang, da bei diesem Schnitt nur ein kleiner Theil des Laub- und Knospenapparates weggenommen wird und das Schneiden auch viel früher geschieht, als die ziemlich spät im Jahre auftretende Entnadelung durch den Fraß der Nonne.

Der Fraß des Kiefernspinners ist nach Ratzeburg[2]) darum so verderbenbringend, weil auch hier ein namhafter Verlust an Endknospen stattfindet. Im Gegensatz zu der Gewohnheit anderer Raupen, die alten Nadeln zuerst zu befallen, scheinen die Spinnerraupen ganz besonders die noch spargelweichen Maitriebe mit ihren Nadeln aufzusuchen und von oben herab zu fressen. Aber auch die nicht gänzlich zerstörten Maitriebe werden durch Verletzung am Grunde krank. In andern Fällen entwickelt sich der Maitrieb gar nicht, weil seine vorjährige Anlage schon angefressen und verharzt ist. Die Frühjahrsbeschädigung ist nämlich schon der zweite Angriff; der erste erfolgt im vorhergehenden Herbst. Durch die Vorliebe der Raupe für junge Triebe wird auch der Erholungsprozeß des Baumes arg beeinträchtigt; denn die aus den sonst ruhenden Neben-

---

[1]) Waldverderbniß, I, S. 239.

[2]) a. a. O., I, S. 134 ff.

knospen sich entwickelnden Triebe (Rosettentriebe) werden ebenfalls abgefressen. Unter „Nebenknospen“ sind in erster Linie die Knospen im Grunde des Nadelbüschels bei den Kiefern, also die Scheidenknospen zu verstehen, die sich, wie die ruhenden Knospen bei den Laubhölzern, erst dann zu Trieben weiter entwickeln, wenn eine Störung der am Ende des Zweiges befindlichen Hauptknospen eingetreten ist. Diese Rosettentriebe sind dadurch interessant, daß sie mit breiten, gesägten, einfachen, den der Keimpflanze ähnlichen Nadeln beginnen, oft nur aus 15—20 dicht büschelförmigen, zusammengedrängten, derartigen Nadeln bestehen oder, wenn sich bei kräftigeren Bäumen die Achse streckt, allmählich wieder mehrnadelige Scheidentriebe entwickeln.

Daß der Dickenzuwachs des Stammes bei so vielfachem Verlust von Assimilationsheerden sehr geschädigt wird, selbst wenn der Baum sich wieder vollständig erholt, ist leicht zu ermessen. Häufig erkennt man nach langen Zeiträumen an der geringen Entwicklung der Jahresringe das Fraßjahr der Raupen. Tritt der Fraß spät im Jahre ein, dann zeigt nicht selten der Holzring des der Beschädigung folgenden Jahres die Spuren des Mangels in geringer Dicke und (bei Nadelhölzern) häufigerem Auftreten von Harzgängen.

2. Verletzung des Laubkörpers.

Die Entlaubung.

Absichtlich wird der Baumzüchter wohl niemals einer Pflanze den ganzen Laubapparat rauben, weil er weiß, daß er dadurch der Achse die Mittel nimmt, ihr Dickenwachsthum in angemessener Weise zu bewerkstelligen. Mitunter aber übernehmen Frost und Maikäferfraß die Arbeit vollständiger Entlaubung und zwar zu einer Zeit, in welcher die Blätter noch nicht einmal ihre vollständige Reife erhalten haben.

Die Folgen dieser Störungen sind, obgleich häufig genug beobachtet, doch noch nicht genügend studirt worden. Es ist z. B. nicht unwahrscheinlich, daß ein Baum einen absolut geringeren Nachtheil hat, wenn ihm ein Frühjahrsfrost die Blätter zerstört, als wenn dieselbe Blattmenge durch Maikäfer verloren geht. Bei den Zerstörungen durch Frost bleiben die gestorbenen Blätter am Baume, während die Maikäfer das Material entfernen. Es liegt die Vermuthung nahe, daß von der im erfrorenen Laube in derselben Quantität wie im frischen Blatte vorhandenen Kalimenge ein Theil mechanisch in die Achse langsam zurückwandert, da der werthvolle Nährstoff so leicht diffusibel sich vorfindet, daß der Regen große Mengen davon aus den Blättern auslaugt.[1])

Von der Intensität des Frühjahrsfrostes, sowie von der Ausdehnung des

[1]) Ramann: Bot. Centralbl. 1880, S. 1274

Maikäferfraßes an dem Individuum wird die Ausbildung des Holzringes abhängen. Die Erfahrungen, die namentlich in forstlichen Kreisen gemacht worden, sind vielfach widersprechender Art. Namentlich sind die Ansichten nicht geklärt über das Auftreten eines doppelten Jahresringes, also zweier von einander scharf getrennter, im ganzen Baum aufzufindender, aus Frühlings- und Herbstholz bestehender, in demselben Jahre entstandener Ringzonen. Während Cotta von solchen spricht, bestreitet Th. Hartig die Existenz derselben; Unger und Nördlinger erwähnen sehr täuschende, falsche Ringe, die bei genauerer Untersuchung nämlich einen allmählichen Uebergang vom Herbstholz in dünnwandigeres Frühlingsholz zeigten. Ratzeburg und neuerdings Kny weisen Doppelringe nach. Diese Widersprüche sind aber eigentlich belanglos. Wenn Nördlinger verlangt, um von doppelten Jahresringen sprechen zu dürfen[1]), daß gesonderte Doppelringe durch den ganzen Baum nachgewiesen werden sollen, so hat diesen Nachweis bis jetzt Niemand geliefert; die theilweise Existenz derartiger Doppelzonen, die durch Kny experimentell nachgewiesen, ist aber auch von den andern nicht geleugnet worden, ja wird z. B. von Nördlinger bei Forsythia als gewöhnliches Vorkommniß aufgeführt.

Die theoretische Betrachtung dürfte zeigen, daß das Auftreten durchgehender Doppelringe eine mögliche, aber stets selten bleibende Erscheinung ist.

Wenn wir uns fragen, unter welchen Umständen der Jahresring zu Stande kommt, so haben wir nach unserer jetzigen Erkenntniß darauf zu antworten, daß die Größe des Rindendruckes auf den Cambiumring im Verhältniß zu dem durch den Turgor der Gewebe ausgeübten Gegendruck die Ausbildung der aus dem Cambium hervorgehenden Elemente in der Weise regelt, daß schwacher Rindendruck die Zelltheilung und parenchymatische Erweiterung der Holzelemente begünstigt. Derselbe Rindendruck wird verschieden auf den Cambiumring wirken, je nach der Größe des durch die Turgescenz der Zellen der Cambialregion ausgeübten Gegendruckes. Die Turgescenz dieser Gewebe hängt aber nicht blos von der Quantität Wasser ab, die denselben zugeführt werden kann, sondern bei reichlicher Wasserzufuhr von der Quantität Wasser, die die Zellen aufnehmen möchten. Dies Wasserbedürfniß richtet sich nach dem Inhalt, der je plasmareicher, desto mehr wasseranziehende Salze und wahrscheinlich auch stark quellbare, organische Verbindungen enthält. Der Substanzreichthum des Cambiumringes richtet sich in erster Linie nach der Zufuhr plastischen Materials aus den beblätterten Regionen, in zweiter Linie nach dem Reservestoffvorrath im Holzkörper.

Wird nun durch Entlaubung die erste Quelle augenblicklich abgeschnitten, die zweite Quelle, die Reservestoffe des alten Holzkörpers, für die energischer anziehenden Wundstellen und neu sich entfaltenden Terminalknospen der Zweige

[1]) Deutsche Forstbotanik 1874, I, S. 170.

zur Speisung verwendet, dann leidet der Cambiumring insofern Noth, als er momentan weniger reich ernährt werden wird. Zellvermehrung und die Straffheit der Zellen werden nachlassen; derselbe Rindendruck macht sich also jetzt mehr wie unter normalen Verhältnissen geltend und kann demgemäß die Bildung von Herbstholz dann einleiten, wenn gleichzeitig trockne, heiße Luft, starke Besonnung und geringe Regenmengen bei durchlassendem Boden vorhanden sind. Je reicher die für die Herbstholzbildung günstigen Faktoren zur Zeit der Entlaubung vorhanden, in je jüngeren, dünneren Gliedern der Achse der Cambiumring beobachtet wird, je schroffer der Wechsel nach der Periode des Stillstandes durch Eintritt neuer Zellthätigkeit sich einstellt, desto klarer wird nach der Frühjahrsentlaubung ein zweiter Jahresring auftreten.

Nun darf man aber nicht vergessen, daß die Wachsthumsvorgänge im Baumkörper sich ihrer Intensität nach mit dem Schlage einer Welle vergleichen lassen. In der beblätterten Krone sind die Vorgänge am stärksten, und ganz allmählich und immer schwächer werdend läuft der Schlag nach der Wurzel hin aus. Zu Zeiten, in denen die Thätigkeit des Baumlebens in der Krone schon sistirt ist, zeigt sich die ersterbende Welle noch im Wurzelkörper thätig. Diese Wahrnehmung läßt sich grade am Cambiumringe machen: während derselbe in der oberirdischen Achse schon in die Winterruhe eingetreten, wächst der Verdickungsring in der Wurzel noch weiter.

Wenn aber jeder Stoß von den jüngsten Kronentheilen aus sich abschwächend nach der Stammbasis fortpflanzt, dann ist erklärlich, daß manche Stöße schon ersterben, bevor sie die Stammbasis erreicht haben. Wenn die Welle des plastischen Nährstoffmaterials, das die Laubkrone liefert, in einem Jahre eine sehr schwache ist, dann kommt sie gar nicht bis zur Stammbasis; demgemäß wird die Zellvermehrung in der Cambiumzone nach unten hin eine immer schwächere, und das bloße Auge erkennt bisweilen unten gar keinen neuen Jahresring; derselbe hat sich schon oberhalb ausgekeilt.

Die einzelnen Stöße, welche die Witterung, der Maikäferfraß u. s. w. der Krone zufügen, verblassen nach den älteren Stammtheilen hin, in denen die Zellvermehrung eine langsamere ist. Einflüsse, wie die oben erwähnten, eine Verdoppelung des Jahresringes hervorrufenden, pflanzen sich aber nicht so schnell in die alte Achse hinab fort; sie müssen daher schon von ungewöhnlicher Dauer und Intensität sein, wenn sie an der alten Achse bemerkbar sein sollen, während sie in den jungen, schwellwüchsigen Trieben zum eclatanten Ausdruck bei schwächerer Einwirkung kommen. Daher sind Doppelringe in jüngeren, schnellwüchsigen Gliedern vielfach zu beobachten, in alten nicht. Einen Unterschied zwischen wahren und falschen Doppelringen möchte ich nicht anerkennen; ob die Uebergänge von Herbstholz zum gefäßreichen Frühjahrsholz grell oder allmählich vor sich gehen, hängt von der Witterung ab.

Aus dem Vorstehenden ergiebt sich, daß Doppelringe aus sehr verschiedenen

Ursachen veranlaßt werden können und daß sie nur dann nach Entlaubungen auftreten werden, wenn die Entlaubung nahezu vollkommen und zu einer Zeit stattfindet, in welcher das Reservematerial der Hauptachse fast gänzlich zur Reproduktion des schon weit entwickelt gewesenen, diesjährigen Laubkörpers flüssig gemacht werden muß und dem Cambiumringe nur in sehr beschränktem Maße zur Verfügung bleibt. Der Satz, daß je üppiger die Zellvermehrung an einer Stelle, sich auch die wechselnden Witterungsverhältnisse in der wechselnden Ausbildung des Holzkörpers um so deutlicher zeigen werden, fand bei der Besprechung des Frostkrebses eine Illustration. Dort ließ sich feststellen, daß in derselben Höhe des Achsencylinders der Jahresring auf der gesunden Seite einfach, auf der kranken aber doppelt und dreifach sich ausbildet.

Die theilweise Entfernung von Blättern.

Obgleich wir uns der großen Beschädigung bewußt sind, welche durch die Wegnahme des gesammten Laubkörpers eines Baumes hervorgebracht wird, so geben wir uns in der Regel keine Rechenschaft davon, daß auch eine partielle Entlaubung von Einfluß auf die Achse sein muß. Jedes Blatt, daß vorzeitig von der Achse entfernt wird, bedingt eine lokale Schwächung derselben.

Unter Umständen aber ist eine theilweise Entfernung des Laubes für den Baumzüchter wünschenswerth. Es kommt in vielen Fällen, namentlich bei fruchttragenden Zweigen, weniger auf die Ausbildung der Achse, als auf die momentane, bessere Ausbildung der Frucht an, welche zu ihrer vollkommenen Zeitigung einer erhöhten Sonneneinwirkung bedarf und deßhalb von den bedeckenden Blättern befreit werden muß.

Eine weiter gehende Entlaubung wird im Herbst bei Bäumen auf schwerem, kräftigem Boden empfohlen. Wenn auf solchen Böden, namentlich nach Sommerdürre, reiche Herbstfeuchtigkeit eintritt, bleiben die Triebe ohne Abschluß durch eine Endknospe, also in fortdauernder Verlängerung bisweilen bis in den Dezember hinein. Die Triebe sind so weich, daß sie selbst mäßigen Kältegraden nicht widerstehen; es kommt aber dem Baumzüchter darauf an, reifes Holz zu erhalten. Zu diesem Zwecke werden die Triebe entspitzt (pincirt) und entblättert. Durch die Entfernung der Spitze werden die immer neues Wasser anziehenden Vegetationsheerde beschränkt; durch die Fortnahme der Blätter wird dem Zweige erhöhte Lichteinwirkung und somit bessere Holzausbildung verschafft.

Ein nicht zu unterschätzendes Kulturhülfsmittel zur Veränderung des Achsencharakters bildet das von Frankreich ausgegangene „Pincement Grin“, welches in einer Entfernung von Blattspitzen an jungen, zum Seitenzweige sich eben ausbildenden Augen besteht.

Da jedes Blatt der Ernährer seiner Achselknospe und des Zweiggliedes ist, an dem es angeheftet sitzt, so ist auch eine Beschränkung der assimilirenden

Blattfläche einer Beschränkung in der Ausbildung der von ihr abhängigen Organe gleich.

Diese verminderte Ausbildung macht sich in einer geringeren Länge des blatttragenden Internodiums geltend.

Bei den Pfirsichen, bei welchen das „Pincement Grin" zuerst angewendet wurde, entwickeln sich regelmäßig vorzeitige Triebe, d. h. es wachsen die kürzlich in den Blattachseln der diesjährigen Triebe angelegten Augen sofort zu neuen Zweigen aus. Diese vorzeitigen Triebe haben den Charakter, daß ihr unterstes Zweigglied (Internodium) nicht, wie bei den nach einer langen Ruheperiode sich entwickelnden Zweigen kurz bleibt, sondern oft mehrere Centimeter lang aus der Blattachsel sich hervorschiebt. Um so viel Centimeter sind also auch die untersten Blätter und Augen der vorzeitigen Zweige von dem Mutterzweige entfernt.

Bei dem Spalierobst kommt es aber darauf an, nicht nur die basalen Augen der Zweige zu wecken und allmählich zu Fruchtaugen auszubilden, sondern auch diese Frucht- und Ersatzaugen möglichst nahe an den Hauptleitzweigen, welche das dauernde Gerüst des Fruchtbaumes darstellen, zu haben. Wenn man nun die ersten Blätter der vorzeitigen Triebe entspitzt, bleiben die dazu gehörigen Internodien kurz, und die Augen dieser Zweigglieder bleiben dem Leitzweige genähert.

In neuester Zeit hat man versuchsweise dies zuerst von Grin bei den Pfirsichen angewendete Abschneiden eines Theiles der Blätter auch auf andere Pflanzen mit demselben Erfolg der Verkürzung der Internodien übertragen. Carrière[1]) entspitzte von einer Dahlie fortgesetzt die Hälfte eines Strauches an den Blättern und brachte dadurch diese Hälfte zu einem buschigen, kurzgliederigen Bau.

Fragen wir nach den Folgen, welche der stehenbleibende Blatttheil selbst durch die Verwundung zu ertragen hat, so erwähnt Frank[2]) eine bald (bisweilen schon nach wenigen Minuten) eintretende, von der Wundfläche aus sich namentlich an der Mittelrippe tief abwärts ziehende Lagenveränderung des Chlorophyllkörpers. In beleuchteten, normalen Zellen liegen die grünen Farbstoffkörner in der Epistrophe, d. h. an denjenigen Wandungen meist gelagert, welche nicht mit Nachbarzellen in Berührung stehen; nach der Verwundung treten sie auf weite Strecken, bisweilen durch den ganzen stehengebliebenen Rest eines zarten Blatttheils in die Apostrophe, d. h. sie lagern sich derart um, daß sie von den freien Zellwänden an die mit benachbarten Zellen zusammenhängenden Seitenwände rücken. Diese Veränderung tritt bei den verschiedensten

---

[1]) Carrière: Pincement des feuilles. Revue horticole 1876, S. 312.

[2]) Frank: Ueber Veränderung der Lage der Chlorophyllkörner rc. Pringsheim's Jahrbücher VIII, p. 220—250.

Pflanzen auf, bei Farnprothallien, bei Wasserpflanzen, bei Fettpflanzen ebenso gut, wie bei den Laubblättern anderer Familien. Man sieht hieraus, wie schnell und weit sich ein von der Wunde ausgehender Reiz in einem durchaus nicht etwa absterbenden Gewebe fortpflanzt.

Dem zersetzenden Einflusse des atmosphärischen Sauerstoffs von der Wundfläche aus entgeht das verletzte Blatt dadurch, daß entweder der Wundrand einfach zusammentrocknet, oder aber, daß sich unter den äußersten, verletzten Zellen der Wundfläche in dem Blattfleische (dem Mesophyll) eine Korklage ausbildet. Eine solche Korklage kann entweder aus callusartig wuchernden, oft schlauchförmig gestreckten, in kurzer Zeit verkorkenden Gewebezellen, oder aber direkt aus tafelförmigen, wirklichen Korkzellen bestehen. Diese aus tafelförmigen Korkzellen gebildete, parallel der Wundfläche verlaufende Zone, welche nach der Blattbasis hin das die Verstärkung der Zone bedingende Korkcambium (Phellogen) besitzt, scheidet das außerhalb liegende, todte Gewebe von dem weiter funktionirenden Basaltheil. An den Blattrippen zeigen die Gefäßbündelelemente häufig ein tief rückwärts greifendes Braunwerden und Absterben ihrer Theile. So tief als die Gefäße und Bastzellen der Gefäßbündel absterben, so tief senkt sich an diesen Stellen die Korkbildung von der parallel der Wundfläche verlaufenden Trennungszone, so daß auf alle Fälle die gesammte, absterbende Blattmasse bei den überhaupt Periderm (Kork) bildenden Blättern vom gesunden Gewebe durch Kork abgeschlossen wird.

Nicht nur die Blätter, sondern fast alle krautartigen Pflanzentheile schließen ihre Wunden durch Kork ab. Solche Pflanzen, die, wie die Orchideen [1]), zur Korkbildung nicht neigen, grenzen ihre Wunden durch Bildung einer Schicht netzartig-porös verdickter Zellen ab.

In der Gärtnerei greift man manchmal bei Wunden sehr fleischiger Blätter (Agave) und Knollen (Caladien) im Herbst und Winter zu dem Hülfsmittel des Brennens der Wundfläche mit glühendem Eisen. Man will dadurch eine sehr trockne Schicht an der Wundfläche schaffen, um die durch Pilze leicht sich einleitende Fäulniß des Pflanzentheils zu verhindern. Das Mittel ist auch oft von Erfolg. Die verkohlte Schicht wirkt aber in anderer Weise, als man gewöhnlich annimmt. Der eigentliche Abschluß der Wunde wird doch durch eine Korklage hervorgebracht, die sich unter der durch Brennen erzeugten, todten Zellschicht bildet. Fehlt der Kork, geht die Fäulniß doch weiter, wie ich mich bei einer großen Agave zu überzeugen Gelegenheit hatte. Das Verkohlen hilft meiner Meinung nach insofern, als die Einwanderung von Pilzen auf die frische Wundfläche verzögert wird. Kommen derartige Pilze (häufig Penicillium oder Botrytis) auf die frische Wundfläche, so dringt ihr Mycel

---

[1]) v. Bretfeld: Vernarbung und Blattfall. Pringsheim's Jahrbücher für wiss. Bot., Bd. XII, 1880.

schnell weiter und zersetzt den Inhalt auch von solchen Zellen, die befähigt gewesen wären, vermöge ihres Reichthums an Stärke ꝛc. die Korkzellen zu bilden, welche die Vernarbung der Wunde herbeigeführt hätten.

Handelt es sich in Fällen, in denen das Brennen angezeigt erscheint, um Topf- oder Kübelpflanzen, dann habe ich das Trockenhalten der Pflanzen neben dem Ausbrennen als empfehlenswerth gefunden.

Wir haben oben bei der Umlagerung des Chlorophylls gesehen, wie tief rückwärts greifend der Einfluß einer Blattverwundung sein kann. Namentlich bei feuchtem Wetter zeigen sich dann auch Beispiele, daß die Verletzung eines Blattes dessen vorzeitigen Abfall einleitet. Dieser Prozeß ist nicht verschieden von dem normalen Blattlösungsprozeß, der von Mohl[1]) und Bretfeld[2]) eingehender studirt worden ist.

Bei unsern Obstbäumen und wahrscheinlich allen dicotylen Gewächsen zeigt sich schon längere Zeit vor ihrem Abfall die bekannte Farbenänderung (Herbstfärbung), die vielfach mit einer Abnahme der Saftfülle verbunden ist. Man merkt diesen Saftmangel entweder am allmählichen Schrumpfen der Blattfläche, oder an der Austrocknung des Blattstielmarkes, während die Rinde des Zweiges bisweilen auffallend wasserreich ist. Schon einige Wochen vor dem Abfallen beginnt in dem unteren Theile des Blattstielwulstes, selten zwischen demselben und dem Blattstiele selbst das anfänglich gleichförmige, parenchymatische Gewebe eine anatomische Veränderung einzugehen, deren Resultat die Entstehung einer rundzelligen Gewebelage ist. Wir besprachen diesen Vorgang in dem Capitel über die Zweigabsprünge ausführlicher. In der rundzelligen, meist nur aus wenigen Zellagen bestehenden Schicht vollzieht sich nun die Trennung. Das Blatt mit seinem Blattstiel repräsentirt eine bedeutende Last, welche von der Stelle, an der sich das rundzellige Gewebe bildet, getragen wird. So lange die Zellen in dem unteren Theile des Blattstielwulstes normales, etwa sechskantiges Parenchym darstellten, so lange war die Verbindung eine genügend feste; denn die Zellen waren in der ganzen Länge ihrer Wandungen aneinander gekittet. In dem Maße aber, als die einzelnen Zellen sich abrunden, treten sie aus ihrem bisher den Zellen des Bienenstockes ähnlichen, festen Verbande heraus und können sich nur noch an einzelnen Punkten mit einander berühren. Für diese Lockerung des Zusammenhanges ist das Blattgewicht nun zu schwer: das Blatt löst sich in der Rundzellenschicht vom Zweige.

Die unter dieser Trennungsschicht befindlichen Zellen sind zur Vernarbung der durch den Blattfall entstandenen Wunde bestimmt; die Vernarbung geschieht entweder durch Eintrocknung oder durch Korkbildung, oder aber auch durch Bil-

---

[1]) Bot. Zeit. 1849 und 1860.

[2]) a. a. O., S. 146.

dung einer sog. glatten Narbe, wie bei den Baumfarnen, bei denen der Schluß der Blattstielhöhle durch Verdickung des freiliegenden, parenchymatischen Gewebes des Blattkissens gebildet wird.

Bei den baumartigen Monocotylen (Dracaena, Yucca etc.) ist nach v. Bretfeld's Untersuchungen der Ablösungsprozeß insofern ein anderer, als hier die Trennungslinie schon im Jugendzustande des Blattes deutlich gekennzeichnet ist und nicht, wie bei den Dicotylen mit periodisch abfallendem Laube erst kurz vor dem Blattabfall sich markirt. Häufig bemerkt man auch äußerlich eine Epidermisfurche oberhalb der Uebergangszone des Stammes in das Blatt, stets aber sieht man im Innern eine aus kleineren, rundlichen, parenchymatischen Zellen bestehende Gewebezone, welche genau in der Einfügungsfläche des Blattes liegt. Die Blätter der Monocotylen wachsen lange Zeit an der Basis. Die Schicht, von der das basilare Wachsthum des Blattes ausgeht, liegt etwas oberhalb der Einfügungsstelle und schließt sich unmittelbar an die bereits erwähnte Zone der jungen, noch entwicklungsfähigen, runden, in der Insertionsfläche gelegenen Zellen an. Diese Zone entwickelt sich weiter, wenn das Blatt aufgehört hat, zu wachsen und seine Arbeit bereits gethan hat; die Zellen der Zone runden sich ab; die unteren Lagen dieser rundlichen Zellen verdicken, von den Blattwinkeln nach der Mitte hin fortschreitend ihre Wandung auf das Dreifache, so daß jetzt innerhalb der rundzelligen Zone eine meist scharf markirte Trennungslinie zwischen dickwandigen und zarten Zellen entsteht. Das Blattgewicht übt auf diese Grenzlinie eine Spannung, deren Folge die Ablösung des arbeitsunfähigen Blattkörpers von der Achse ist.

Die entstandene Blattnarbe schützt sich nun alsbald durch Korkbildung; denn die zurückgebliebenen, dickwandigen Zellen genügen nicht. Unter diesen ist oft noch eine unverdickte Lage der Rundzellenschicht übrig geblieben; in dieser bildet sich der Kork. Fehlt diese Lage, dann entsteht der Kork aus dem Rindenparenchym; er schließt sich alsbald an den Kork der Zweigrinde an. Bei den Orchideen, die der Mehrzahl nach auch ihre Blätter abwerfen, ist die Trennungszone eine zarte, parenchymatische, protoplasmareiche, weder Stärke noch Oel bergende Parenchymschicht, deren Zellen immer kleiner als das Mesophyll sind. Diese Schicht ist häufig von einer einzelligen Lage sclerotisch verdickter Zellen, der sog. Netzfaserzellschicht begleitet. Da, wo die zartwandige, nie fehlende Lage an eine andere Zellschicht grenzt, bildet sich die Trennungslinie. Die Vernarbung geschieht durch Netzfaserzellen, während sie bei den Aroideen durch Periderm stattfindet. Der mechanische Vorgang der Trennung ist also in der Gewebelockerung zu suchen, die dadurch entsteht, daß die beiden aneinanderstoßenden Wandungen zweier benachbarten Zellen ein gesteigertes Flächenwachsthum zeigen, wodurch die Zellen sich mehr abrunden, mithin einander in weniger Punkten berühren. Also bei Monocotylen wie bei den Dicotylen ist derselbe Vorgang. Der Unterschied ist nur, daß sich bei den Letzteren die Gewebe der

Trennungszone erst einige Zeit vor dem Blattfall bilden, während sie bei den Ersteren gleich im Jugendzustande des Blattes mit angelegt werden.

Den vorerwähnten Vernarbungsprozeß durch verkorkendes, callusartig sich streckendes Gewebe finden wir z. B. bei Verwundung jugendlicher, fleischiger Liliaceenblätter durch Stich- oder Rißwunden. Die die Wundfläche direkt begrenzenden, unversehrt gebliebenen Zellen des Mesophylls strecken sich schlauchförmig, während die verletzten Membranen natürlich vertrocknen. Die Aufhebung der Spannung durch die Verwundung macht sich auch auf weiter von der Wundfläche entfernte Zellregionen in der Weise geltend, daß auch sie an der Streckung nach der Wundfläche hin, sich betheiligen. Je stärker die schlauchförmige Verlängerung, desto mehr schwindet der Gehalt an Chlorophyll. Die Wunde wird dadurch geschlossen, daß die verkorkten Membranen der auf einander zu wachsenden Zellen des Wundrandes gegen einander gepreßt werden und auch mit ihren Wandungen verkleben.

In anderer Weise stellt sich ein solcher Schluß der Wunde durch älteres, verkorkendes Parenchymgewebe.

Bei den durch Insekten verursachten Fraßstellen älterer Blätter z. B. sehen wir, daß die Blattzellen, welche dem von abgestorbenen Zellresten umkleideten Wundrande zunächst liegen, sich nicht callusartig strecken, sondern in Vermehrung treten; es bildet sich, vielfach unter Betheiligung der Epidermis, ein kleinzelliges Gewebe; die dickeren Wandungen der Mutterzellen sind nach dem Wundrande hin verkorkt, und in einzelnen Fällen gewahrt man auch eine tiefer gehende Verkorkung der Tochterzellen.

Die dritte Modifikation der Wundheilung ist endlich die, bei welcher, wie bereits oben erwähnt, unter dem abgestorbenen Gewebe des Wundrandes in der nächstliegenden, lebendig gebliebenen Zelllage wirkliche Korkzellen entstehen, die sich durch eine mehr nach rückwärts gelegene Korkcambiumlage noch weiter vermehren können. Dieser Vorgang der Wundheilung ist der häufigste und stimmt überein mit der Gewebebildung, welche vielfach an Blättern in Form von Korkwarzen, Schwielen oder auch rückwärts fortschreitenden, zur Durchlöcherung eines Blattes führenden Korkwucherungen ohne vorhergegangene Verwundung auftritt. Wir besprachen diese letzteren Erscheinungen bereits bei den durch Wasserüberschuß hervorgerufenen Krankheiten und geben hier nur noch ein Bild zur Erläuterung der dritten Modifikation der Wundheilung.

Die Zeichnung A (Fig. 27, s. S. 646) stellt eine auf der Oberseite, B auf der Unterseite ohne Verwundung eingetretene Korkwucherung eines alten Blattes von Ilex Aquifolium dar, welche im Blatte immer weiter nach der entgegengesetzten Seite fortschreitet und die völlige Durchlöcherung (nach Bachmann) herbeiführt. Die der Wundfläche zunächst gelegenen Zellen des Blattmesophylls haben nun Korkgewebe gebildet, das als ein dem bloßen Auge gelblich erscheinender, fester Rand die Wunde auskleidet. Im Pallisadenparenchym ist die Theilung der

Zellen zur Bildung von Korkzellen sehr spärlich und unterbleibt oft, so daß der Wundrand einfach durch Verkorkung der ihres Chlorophyllinhalts ver-

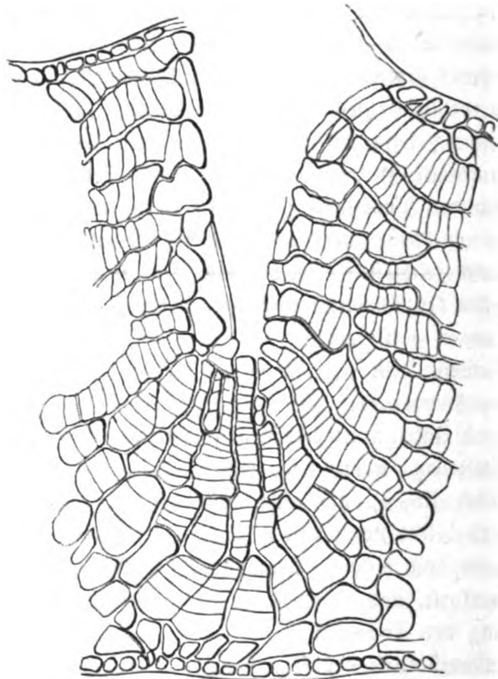


Fig. 27 A.

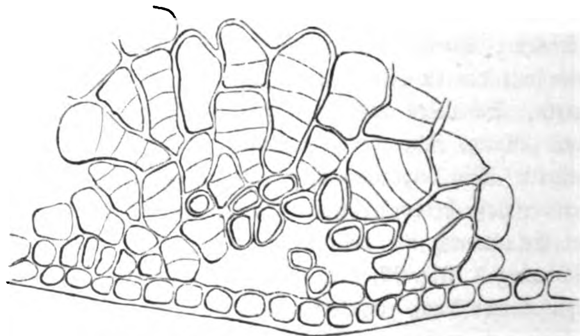


Fig. 27 B.

lustigen Pallisadenzellen selbst gebildet wird. Intensiv dagegen erscheint die Bildung von Korkzellen in den ursprünglich von großen Intercellularräumen getrennten Zellen des Schwammparenchyms (s. B), das die Blattunterseite bildet.

Damit die Korkwände bei dem Wundverschluß aneinander stoßen können, müssen sich die einzelnen Zellen des Schwammparenchyms derartig strecken, daß die Intercellularräume ausgefüllt werden. Die Wandungen der Korkzellen stehen immer parallel zur Wundfläche, so daß bei einer vollständigen Durchlöcherung des Blattes die Korklage einen Hohlcylinder darstellt, dessen Korkwände schließlich senkrecht zur Epidermis verlaufen. In der Figur sehen wir noch den schalenförmigen Bau der Korklagen, also die schiefe, uhrglasförmige Stellung der Korkwände zur Epidermis; die Wände werden um so steiler, je weiter rückwärts von der Wundfläche, also je später sie gebildet sind; denn der Verlauf der Verkorkung schreitet von der Wundfläche aus immer tiefer in das gesunde Parenchym hinein, so daß die Zone, welche das neue Korkgewebe erzeugt, also das Korkcambium oder Phellogen, immer am weitesten von der Wunde entfernt ist. Bei Ilex schildert Bachmann[1]) die Ausbildung derartiger, ohne Eindringen eines fremden Körpers entstehende Verletzungen und Korkwucherungen folgendermaßen. Man entdeckt zunächst an den älteren Blättern kleine, gelbe Punkte, welche an Größe zunehmen und in Braun übergehen. Der Querschnitt durch eine solche, noch gelbe Stelle zeigt, daß unter der Epidermis eine Gruppe von inhaltsreichen, aber aus ihrem gegenseitigen Verbande gelösten, also der Zerstörung anheimfallenden Zellen liegt, die schon von einem schalenförmigen Korkgewebe (s. Fig. 27 B) umschlossen wird.

Bei der Entstehung dieser uhrglasförmigen Korkzone haben sich diejenigen Blattzellen zuerst getheilt, welche den Grund des Uhrglases darstellen, also am weitesten von der Blattoberfläche entfernt sind. Von dieser am tiefsten im Blattinnern liegenden Zellgruppe aus hat die Korkbildung die höher liegenden Mesophyllzellen der Nachbarschaft ergriffen und ist so nach außen fortgeschritten, bis sie unter der Epidermis ankam. An der eben erwähnten, ersten Korkzone sind die an das normale Blattgewebe im Innern angrenzenden Zellen das Phellogen, d. h. die zu neuer Korkzellenproduktion fähige Schicht. Die Korkbildung setzt sich nun tiefer in das Blattinnere fort und sucht die gegenüberliegende Blattseite zu erreichen; dabei zerreißt die Oberhaut über der erstentstandenen Korklage und allmählich auch diese selbst, so daß ein kreisförmiges Loch im Blatt entsteht, das sich mehr und mehr vertieft, bis daß das ganze Blatt durchbohrt ist.

Das „Kappen", „Gipfeln" und Laubausbrechen bei dem Weinstock.

Haben wir bisher die Laubentfernung in ihrem Einfluß auf die Achsenorgane besprochen, so bleibt uns jetzt die Pflicht, auch der Einwirkung zu gedenken, welche die Fortnahme beblätterter Triebe oder einzelner Blätter auf die Entwicklung der Frucht ausüben wird.

---

[1]) Bachmann: Ueber Korkwucherungen auf Blättern. Pringsheim's Jahrb. 1880, Bd. XII, Heft 2, S. 191.

Bei dem Weinbau erlangen diese Maßnahmen ihre höchste, kulturelle Bedeutung. Für die Bedürfnisse der Kultur produzirt der Weinstock überall zu viel Holz und je nach der Erziehungsmethode und Lokalität entfernt der Züchter einen Theil der Triebe nicht blos in der Ruheperiode der Pflanze, sondern auch in der Vegetationszeit. Kurze Zeit vor oder nach der Blüthe wird der Stock „gekappt" oder gezwickt, d. h. es werden alle mit Trauben versehenen Reben entgipfelt und nur die für das nächste Jahr als Haupt- oder Bogreben in Aussicht genommenen, stärksten Sprossen meist unbehindert gelassen. Wieviel Glieder (Internodien) oberhalb der Trauben von den Trieben stehen gelassen werden, ist in den verschiedenen Kulturbezirken verschieden. In manchen Gegenden läßt man nur 2 Internodien, also auch Blätter, in andern 4—6 Glieder.

Wie mächtig ein solcher Eingriff auf die Entwicklung der Weintraube wirken muß, kommt uns bei der Beobachtung zum Bewußtsein, daß die über der Frucht stehenden Blätter das Material zu deren Ausbildung liefern. Es ist nicht zweifelhaft, daß die Blätter des Weinstockes in ihrer vollkommenen Entwicklung mehr Stärke und Zucker produziren, als sie selbst für ihren weiteren Ausbau brauchen und daß sie nun den Ueberschuß ihrer Produktion durch die Blattstiele abwärts und durch die Traubenstiele der Weintraube sofort als Zucker zuführen. Die geringe Menge von Stärke und Zucker, welche die Traube selbst in ihren grünen Beeren produzirt, ist im Verhältniß zu der Menge, die nothwendigerweise zuwandern muß, ganz außer Betracht zu lassen. Daß die Traube ganz von dem Materiale ernährt werden kann, das ihr durch den Stiel von den Blättern zuwandert, geht aus den Verdunkelungsversuchen von Müller-Thurgau[1]) hervor. Am Stocke verbleibende Trauben wurden durch Einschluß in Kästen des Lichtes und somit der Möglichkeit beraubt, zu assimiliren. Trotz dessen entwickelten sie sich im Dunkeln in gleicher Weise, wie die dem Lichte ausgesetzt gebliebenen Trauben desselben Stockes und färbten sich auch roth oder blau. Von 2 Rießlingstrauben derselben Rebe zeigte die im Dunkeln gewachsene im abgepreßten Safte 15,54 % Zucker und 12,23 ‰ Säure; die im Lichte gewachsene Frucht hatte 15,78 % Zucker und 12,02 ‰ Säure. Bei einer andern Rießlingsrebe hatte die Dunkeltraube 16,01 % Zucker und 11,93 ‰ Säure, die Lichttraube 16,39 % Zucker und 11,68 ‰ Säure.

Ein älteres Beispiel, welches den Einfluß der Blätter auf die Beschaffenheit des Traubensaftes zeigt, hat Neßler[2]) geliefert. Es ergab sich das spez. Gew. des Saftes bei schwarzem Burgunder, der theilweise noch grün, ohne

[1]) Ueber die Bedeutung und Thätigkeit des Rebenblattes. Ref. über d. Weinbau-Congreß in Heilbronn, 14.—17. Sept. 1881. — Ueber das Reifen der Trauben und die Laubarbeiten, ebendas.

[2]) Neßler: Beobachtungen über den Einfluß der Blätter auf das Reifen der Trauben. Wochenbl. d. landw. Ver. im Großherzogthum Baden 1876, Nr. 24.

Blatt oberhalb der Traube belassen worden war = 1,038; wenn 2 Blätter oberhalb der Traube geblieben waren, betrug das spez. Gew. = 1,048, bei mehreren Blättern sogar 1,0755. Gutedel ohne Blätter hatte 1,051 bis 1,0525, dagegen mit mehreren Blättern 1,071 bis 1,0735 spez. Gew. des Saftes.

Für die Praxis wichtig ist die Entscheidung der Frage, wieviel Blätter oberhalb der Traube sich am nützlichsten erweisen. Müller-Thurgau ist dieser Frage experimentell näher getreten und hat gefunden, daß, wenn 2 Blätter über der obersten Traube einer Rebe stehen geblieben waren, der Zuckergehalt des Mostes im Jahre 1878 betrug 13,95 %, bei 4 Blättern 14,40 %, bei 6 Blättern 14,65 %, und wenn alle Blätter erhalten wurden, sogar 15,15 %. Im Jahre 1879 war das Verhältniß dasselbe, die Werthe im Allgemeinen aber kleiner. Aus diesen Zahlen muß man schließen, daß das Kappen überhaupt schädlich sei.

Dies Resultat hat aber nur lokale Bedeutung; ein jedes Untersuchungsergebniß wird eben nur auf denjenigen engen Kreis anzuwenden sein, der dieselben Sorten bei derselben Kulturmethode, unter denselben klimatischen Verhältnissen anbaut. Allgemeine Regeln lassen sich nicht geben, sondern jeder Züchter wird sich nach folgenden, allgemeinen Erwägungen das spezielle Recept selbst construiren müssen.

Zweck ist, die Trauben möglichst früh und zuckerreich zu ernten, ohne die nächstjährige Ernte durch Erzielung geringeren Tragholzes etwa zu schwächen. Zur Erlangung des Zieles gilt es, die Hauptfaktoren für den Reifungsprozeß, nämlich Licht und Wärme, möglichst auszunutzen. Dies geschieht nicht nur durch günstige Position der Traube, sondern durch rationelle Ausnutzung des Laubkörpers oberhalb der Traube. Dabei kommt es nicht auf die Gesammtzahl der Blätter, sondern auf die Zahl der voll arbeitenden Blätter an. Es wird aber nur dann der Blattkörper seine volle Assimilationsarbeit leisten können, wenn seine ganze Blattfläche dem Sonnenlichte dauernd ausgesetzt ist. Demnach ergiebt sich von selbst als Vorschrift, daß alles Laub zu entfernen ist, welches die dicht über der Traube stehenden Blätter beschattet. Der Fall wird um so eher eintreten, je üppiger eine Weinsorte wächst, je dichter die Stöcke stehen und je mehr eine Sorte durch ihren angeerbten Charakter zur Laubentwicklung neigt. Sind die Stöcke eines Weinbergs so weit gepflanzt, daß alle Blätter gleichmäßig besonnt werden, dann ergiebt sich das oben von Müller erlangte Resultat, und unter diesen Umständen wäre das Kappen gradezu schädlich. Wenn dagegen, wie in der Mehrzahl der Fälle, die unteren Blätter durch die oberen beschattet werden, dann wirken diese unteren namentlich in der Zeit ihres eignen Wachsthums nicht nur nicht ernährend, sondern sogar zehrend; sie können in der Beschattung nicht soviel organisches Material erarbeiten, als sie für den eignen Bedarf brauchen, da sie bei der Tag und Nacht währenden Athmung nicht unbedeutende Mengen organischer Substanz

und zwar sicherlich viel Zucker verbrennen. Wenn das eigne Material nicht ausreicht, so holen sie solches aus der Rebe, welche es unsern Wünschen gemäß aber andern Anziehungsheerden, nämlich den jungen Beeren, zuführen sollte. Somit wirkt hier der reichere Laubkörper schädigend auf die Ausbildung der Traube.

Viele Züchter brechen auch alles Laub fort, das irgendwie die Traube selbst beschattet, weil sie der Meinung sind, daß die Frucht sich um so besser entwickelt, je mehr Licht und Wärme ihr zugeführt wird. Dies ist aber nur bis zu einem gewissen Grade richtig. Zwar erweisen sich nach Müller's Versuchen die Beeren als um so kräftigere Anziehungsheerde für den Zucker der Blätter, je höherer Temperatur sie ausgesetzt sind, jedoch gilt diese Regel blos bis zu einer Temperatur von ungefähr 30° C. Ueber dieses Optimum hinaus zeigten die Beeren sich dickschaliger und weniger zuckerreich. Da an unsern mitteldeutschen Weingeländen und ebenso in Norddeutschland an den Spalieren die Temperatur in heißen Sommertagen, zumal in der Nähe des Erdbodens bis 40° C. und darüber erreichen kann, so ist es rationeller, die Trauben mäßig beschattet zu halten und sie nur dann dem vollen Sonnenlichte auszusetzen, wenn sich im Herbst herausstellt, daß derselbe zu kühl ist, um genügende Reife hervorzubringen.

Die Manipulation des „Gipfelns", d. h. des Entspitzens aller langen Reben im Spätsommer hat den Zweck, die Rebe für das nächste Jahr zu kräftigen und zur möglichsten Holzreife zu bringen. Hierbei ist nur aufmerksam zu machen, daß bei zu früher Anwendung des Verfahrens der „Geiz", die Seitentriebe, sich zu stark entwickeln, was zunächst die Achse schwächt. Das Geizen darf nicht im Ausbrechen der schwachen Seitenachsen, sondern muß im Zurückschneiden derselben auf die untersten Augen bestehen.

3. Die Verwundungen der Früchte und Samen.

Die zahlreichsten Ursachen für Verletzungen an Früchten, welche die Existenz derselben in Frage stellen, geben die Insekten ab. Das vollkommene Aushöhlen ganzer Aepfel und Birnen, ja auch von Kirschen durch Wespen ist ein bekanntes Beispiel; ihm schließt sich das „Madigwerden" an, gegen welches man in neuerer Zeit einmal ein eigenthümliches Verfahren, das Entkelchen bei Kernobst versucht hat. Man versteht darunter ein Abschneiden der Kelchzipfel an der jugendlichen Frucht. Dies geschieht in der Voraussetzung, daß die Insektenlarven stets durch die Kelchhöhle und Griffelröhre in das Kernhaus hineinwandern; diesen Weg will man durch den Verwallungswulst, der sich in Folge des Entkelchens am Gipfel der Frucht bildet und die Eingangsöffnung bedeutend verengt, verschließen. Einen unbedingten Schutz gewährt das Verfahren nicht, selbst wenn die Voraussetzung der Anhänger desselben

wahr wäre, daß nämlich die Kelchhöhle gänzlich geschlossen würde. Es erfolgt aber kein vollständiger Schluß, sondern einfach eine Verengung durch Ausdehnung des vom Druck der Epidermis befreieten Fleisches der Frucht in der Umgebung der Schnittwunde und ein Schluß der Wundfläche durch Korkbildung. Diese harten Korkwandungen mögen den Insektenlarven, namentlich der hier in erster Linie in Betracht kommenden Tortrix pomonella, der Apfelwicklerlarve, keine wünschenswerthe Stelle für das Eindringen bieten und somit die Einwanderung durch die Kelchhöhle vermindern. Aber die aus den meist röthlichen, vereinzelt im Juni oder Juli an die Aepfel und Birnen gelegten Eier ausschlüpfenden, sechszehnfüßigen Räupchen bohren sich an den verschiedensten Stellen der Frucht ein. Eine bevorzugte Gegend wird für sie sowohl als für das befruchtete Weibchen des Apfelrüsselkäfers (Rhynchites Bacchus und auratus), das gegen Johanni die Früchte anbohrt und sein Ei hineinlegt, das zarte, plasmareichere Gewebe der Kelchregion allerdings darstellen; aber wenn die Region sich durch das Entkelchen verändert hat, werden die Thiere andere Stellen an der Frucht aufsuchen. Thatsächlich fand ich auch unter den entkelchten Früchten, die mir aus Stuttgart von dem Erfinder des Verfahrens zugegangen waren, solche mit theilweis zerstörtem Kernhaus und einem nach außen gehenden Fraßgange (Tortrix) der mit schwarzen Excrementen vollgepfropft war.

Bei den untersuchten Aepfeln erschienen die vorhandenen Fraßgänge in ziemlich weiter Ausdehnung mit Kork umkleidet. Abgesehen von dem Substanzverlust, den der Fraßgang selbst verursacht, liegt eine weitere Schwächung der Frucht in dem Verlust an Stärke in der Umgebung des Ganges; die Stärke in der unreifen Frucht giebt das Material zur Bildung der Korkzellen her. Da durch den Fraßgang die Luft einen erhöhten Zutritt in das Innere der Frucht gewinnt, so tritt auch bei dem madigen Obst ein Reifungsprozeß ein, bevor der Schwellungsprozeß beendet ist. Namentlich in der Umgebung der Wundstelle machen sich die verfrühte Färbung und Erweichung des Gewebes alsbald bemerklich, und die angestochene Frucht fällt vorzeitig ab.

In manchen Jahren steigert sich bei einzelnen Kernobstsorten auch die Ausbildung der „Eisenmale“ oden „Regenmale“ bis in's Krankhafte. Es sind dies Korkbildungen, welche der Frucht ein rauhes Aussehen geben. Solche Korküberzüge an Stelle der glatten, wachshaltigen Epidermis sind bei manchen Früchten (Reinetten) eine normale Bildung; sie können erst dann als pathologische Vorkommnisse betrachtet werden, wenn sie an Früchten im Uebermaß auftreten, an denen in der Regel eine glatte Schale gefunden wird. Solche Korkwucherungen treten meist in Form von Strichen auf, welche eine mehr oder minder tiefe Furchung der Oberfläche zu Wege bringen. Nicht zu verwechseln sind diese Regenmale mit den meist scharf umgrenzten, oft auch Korkflächen darstellenden, kreisrunden Stellen, wie solche z. B. bei dem weißen oder rothen Wintercalvill und dem Gravensteiner in manchen Jahren massenhaft auf-

treten. Es sind dies die von mir als „Schorfflecken“ bezeichneten Korkbildungen in Folge von Pilzangriffen (Fusicladium). Ebenso müssen die pathologischen Korkbildungen von den sogenannten Rostpunkten, den Lenticellen[1]) auseinander gehalten werden.

Ihre Zahl (nach Goebel hat eine ungefähr 7 cm lange Birne mehr als 3000) und ihre gleichmäßige Vertheilung sowie ihre Kleinheit (zwischen $^1/_{10}$ bis $^1/_2$ mm) lassen die Lenticellen, welche als Luftlücken sehr einfachen Baues anzusprechen sind, leicht erkennen. Bei den Lenticellen ist die Epidermis abgestoßen, so daß eine Lücke entsteht, in deren Grunde noch Reste zusammengefallener, gebräunter, collenchymatischer Hypodermzellen wahrnehmbar sind; unter diesen liegen lebende, tafelförmige, plasmaarme, korkähnliche Zellen in 3—4 Lagen, zwischen denen sich Intercellulargänge befinden. Damit ist ein Weg für den Luftaustausch, der sonst durch die Wachsglasur der Schale ganz herabgedrückt ist, geschaffen. Die Flecke bei den Aepfeln unterscheiden sich nach Goebel von den eben beschriebenen der Birnen nur dadurch, daß die abgestorbenen Zellen im Innern der Lücke nicht so zusammengefallen sind, sondern als braunes Pulver die Lücken ausfüllen.

Von diesen normalen Lenticellen weichen die Korkbildungen ab, welche auf größere Strecken hin unter Abstoßung der Epidermis an den Kernfrüchten entstehen, und diese sind es, welche die Rostfarben an den Reinetten und die gestrickten Zeichnungen an anderen Aepfeln hervorrufen. Diese Korkbildung erlangt erst dann etwas Krankhaftes, wenn sie tiefer in die Frucht eingreift, was in nassen Jahren, wie es scheint, besonders bemerkbar wird.

Von den Hagelschlagstellen, sowie von dem Aufspringen der Früchte bei großer Nässe und auch bei Trockenheit ist an andern Stellen die Rede gewesen.

Die Quetschwunden, welche durch Herabfallen schwerer, fleischiger Früchte auf den harten Erdboden entstehen, sind für das Leben der Frucht nur dann gefährlich, wenn Feuchtigkeit zur Quetschstelle Zutritt hat. Es ist nicht das saftlos werdende Gewebe der Schlagstelle, sondern die Risse in der Wachsglasur, welche die Gefahr darstellen, da nachgewiesenermaßen durch die kleinsten Rißstellen die Fäulnißpilze (Penicillium, Botrytis) ihren Einzug halten.

Eine speziellere Besprechung verdient noch der sogenannte „Samenbruch (Hernie) der Weinbeeren“.

Man versteht darunter das bisweilen häufige Auftreten von Weinbeeren, deren Samenkerne frei über die Oberfläche der Beere hervortreten, während die übrigen Beeren derselben Traube vollkommen normal sind und gut ausreifen. Hoffmann[2]) fand den vorgedrungenen Theil des Samenkorns glatt, prall, grün, in's Rothe verfärbt; aber die Beere selbst noch vollkommen grün.

---

[1]) Pomologische Monatshefte 1879, S. 9.

[2]) Samenbruch bei der Weinbeere. Bot. Zeit. 1872, Nr 8

Im Laufe der ferneren Entwicklung zeigten sich solche Samen in der Regel mit verkümmertem Embryo, wobei ihre Schale oft sehr groß wurde; die Beere aber blieb kleiner als die unverletzten Beeren, reifte jedoch sonst gut aus. Bisweilen war die Beere nicht viel größer, als ihr herausgetretener Samenkern, und daraus läßt sich schließen, daß die Ursache in einem sehr frühen Stadium der Beerenentwicklung eingewirkt haben muß. An den Stellen, wo der Same durch die Beerenschale hindurchgedrungen war, nahm der Wundrand eine matt holzbraune Farbe an. Die ersten Zustände dieser Erscheinung zeigten sich in einer Verwundung der Epidermis und des unmittelbar darunter liegenden Gewebes, das lokal abstirbt und nun dem sich bisweilen abnorm vergrößernden Samen weder durch Dehnung nachgeben, noch dessen Druck genügenden Widerstand entgegenzusetzen vermag, also entzweireißt.

Die Versuche, kleine Epidermispartien durch Ritzen oder Abschneiden zu verletzen, brachten keine samenbrüchigen (herniösen) Beeren hervor; wohl aber zeigten sich hervorbrechende Samen an denjenigen Beeren, welche kurz, nachdem sie aus der Blüthe hervorgegangen, durch die Sonne verbrannt wurden. Es wurden nämlich Beeren mit einem Wassertropfen befeuchtet und auf diesen Tropfen der Strahlenkegel einer Linse gerichtet. Die Samen waren dann in oder unmittelbar neben der versengten Stelle hervorgebrochen, so daß kein Zweifel bestehen kann, daß in der Natur durch Sonnenbrand der Samenbruch hervorgerufen werden kann. Einen zweiten Grund für diese Erscheinung stellte später Mohr[1]) in den Verletzungen der Beeren durch Hagelschlag hin, und es steht zu vermuthen, daß auch noch andere Umstände dieselbe Wirkung haben können. Bei der Krankheit wird sich empfehlen, die samenbrüchigen Beeren einer Traube sobald wie möglich auszuschneiden, um den unverletzten Beeren mehr Raum zur Ausdehnung und mehr Nährstoffe zukommen zu lassen.

Eine bei Weinstöcken vorkommende Verletzung ist das „Knicken der Traubenstiele“. Nach den Untersuchungen von Neubauer[2]) bleiben die Beeren an den geknickten Stielen kleiner und leichter, ihr spezifisches Gewicht geringer, ihr Säuregehalt größer und ihr Gehalt an Fruchtzucker minder groß. Die Beeren welken, ohne in den Zustand der Nothreife zu gelangen. Letzterer Umstand wird nur eintreten, wenn die Verletzung des Traubenstiels in einem sehr vorgeschrittenen Entwicklungsstadium der Beeren stattfindet.

Die Verletzungen von Samen haben bereits ein eingehenderes Studium erfahren. Sachs, Gris, van Tieghem, Haberlandt, Blociszewski haben in dieser Beziehung aufklärende Arbeiten geliefert, aus denen hervorgeht, daß der junge Keimling sich in seiner Größenentwicklung nach der Menge von Reservematerial richtet, das entweder im Sameneiweiß oder in den Samen-

---

[1]) Bot. Zeit. 1872, Nr. 14, S. 130.

[2]) Versuchsstationen, Bd. XI, S. 416 ff.

lappen ihm zur Verfügung bleibt. Daß verwundete Samen früher keimen, als unversehrte,[1]) darf eigentlich kaum Wunder nehmen, wenn man bedenkt, daß durch eine Wundstelle die zur Quellung nöthige Flüssigkeit alsbald Eintritt findet. Betreffs des Ernteproduktes erscheint indeß die Menge des Reservematerials im Saatgut nicht immer maßgebend; wenigstens zeigen sich bei den Haberlandt'schen Versuchen mit verstümmelten Getreidekörnern, daß oft solche, welche die Hälfte ihrer Reservestoffe eingebüßt, größere Körnermengen brachten als diejenigen, denen nur der vierte Theil fortgenommen worden war. Wenn man natürlich sehr große Mengen oder gar den ganzen Vorrath von dem zur Ernährung des Keimlings bestimmten Material entfernt, dann können nur sehr kümmerliche Exemplare entstehen, wie schon Bonnet durch seine Experimente im vorigen Jahrhundert festgestellt hat.[2])

Bei dem großen Reichthum an Reservestoffen kann man von vornherein vermuthen, daß Cotyledonen unter günstigen Umständen als Stecklinge Verwendung finden könnten. Bei Erbse und Lupine konnte Blociszewski[3]) ebenso wie van Tieghem eine Wurzelbildung selbst aus Stücken von Cotyledonen wahrnehmen, indeß gelang es ihm nicht, die von Letzterem gesehene Bildung einer neuen Knospe zu beobachten. Die Experimente von van Tieghem[4]) haben in einer Richtung eine ungemein wichtige Anregung gegeben. Bei Mirabilis Jalappa ließ sich nämlich constatiren, daß die Cotyledonen auch auf Stärkekörner, welche von andern Pflanzen, wie Kartoffeln und Buchweizen stammten, einen lösenden Einfluß ausüben konnten, ähnlich demjenigen, den sie auf ihr eigenes Sameneiweiß bei der Keimung zeigen. Dieser Umstand deutet auf eine Möglichkeit hin, beschädigte Samen werthvoller Pflanzen durch künstliche Ernährung unterstützen zu können.

4. Stecklinge.

(Hierzu Taf. XIII).

Der Steckling ist ein aus dem Verbande der Mutterpflanze gelöster Pflanzentheil, der vermöge seiner Reservenahrung einzelne, vorzugsweise in der Nähe der Schnittfläche gelegene Zellen oder Zellgruppen zu neuer vegetativer

---

[1]) Haberlandt: Einfluß der Verstümmelung der Getreidekörner auf die nachfolgende Entwicklung der Pflanzen. Wissenschaftl. prakt. Untersuchungen, I, 1875, S. 234.

[2]) Bonnet: Untersuchungen über den Nutzen der Blätter bey den Pflanzen. Nürnberg 1762. Deutsche Uebersetzung, S. 138. Duhamel du Monceau: Physique des arbres. Paris 1758, II, S. 12.

[3]) Blociszewski: Physiologische Untersuchung über die Keimung ꝛc. Landwirthsch. Jahrbücher 1876, S. 145 ff.

[4]) Recherches physiologiques sur la germination. Annal. d. scienc. nat. 5. Serie, s. XVII, 1873, S. 205.

Vermehrung anregt, die Bildung neuer Wurzeln einleitet und sich auf diese Weise zur selbständigen Pflanze heranbildet.

Das Prinzip der Stecklingsbildung, d. h. die Entwicklung vegetativer Sprosse zu selbständigen Individuen, sehen wir in den niedersten Klassen des Pflanzenreiches ausgebildet. Wenn wir Stücke aus dem vegetativen Gewebe (Mycelium) der Pilze, wie z. B. der die schwarzen Ueberzüge vieler Pflanzen bildenden Rußthau- (Fumago) Arten in einer schwachen Zuckerlösung liegen lassen, finden wir, daß dieselben nach wenigen Tagen ausgesproßt sind, sich zu einem neuen Faden ausgebildet haben und in kurzer Zeit beginnen, Knospen zu treiben. Ebenso verhalten sich Fadenstücke von Knospenträgern und die haarartigen Ausstülpungen von Fruchtträgern.

Bei manchen Pilzen treten die Mycelfäden oder deren zu Knospenträger-Anlagen bestimmten, stärkeren Aeste zu einem dichten Gewebe, das sich allmählich von der Umgebung separirt, zusammen; es entsteht ein fester, an der Außenseite sich dunkel färbender Gewebekörper, ein Sclerotium, der einen Dauerzustand des Pilzes darstellt. Bei seiner Bildung wird Wasser in Tropfen ausgeschieden, so daß die einzelnen Zellen einen reichen, conzentrirten Inhalt bekommen. Im natürlichen Verlaufe der Entwicklung entsprießen aus diesem knollenähnlichen Pilzkörper nach längerer Ruheperiode die eigentlichen Fruchtträger in Form von Hutpilzen, Becherpilzen u. s. w.

Nun kann man aber auch Stecklinge aus einem solchen Sclerotium machen, indem man dasselbe zerschneidet und die Stücke in Nährlösung bringt. Die Zellen, welche sonst zur Bildung resp. Ernährung des Fruchtkörpers beigetragen hätten, werden nun zum neuen, vegetativen Gewebe, Mycel, ausgebildet, das ganz und gar demjenigen gleich ist, welches aus den Sporen entsteht. An solchen Mycelien treten in gleicher Weise wiederum Sclerotien oder direkte Fruchtkörper oder beide zugleich auf.[1])

Man sieht, wie dieselbe Zelle ihre Funktion und Bestimmung ändert, wenn die Wachsthumsbedingungen sich ändern.

Bei den höher entwickelten Kryptogamen ist ein an die Stecklingsvermehrung der Phanerogamen sich anschließender Vermehrungsakt wiederholt beobachtet worden.

Pringsheim[2]) fand, daß die Fruchtstiele von Laubmoosen (Hypnum cupressiforme und serpens, Bryum caespitosum) auf feuchtem Sande aus der Schnittfläche Vorkeimfäden (Protonema), Knospen und beblätterte Moospflänzchen entwickeln können.

---

[1]) **Brefeld**: Die Entwicklungsgeschichte d. Basidiomyceten. Bot. Zeit. 1876, Nr. 4.

[2]) **Pringsheim**: Ueber vegetative Sprossung der Moosfrüchte. Monatsberichte d. königl. Akademie d. Wissenschaft zu Berlin, 10. Juli 1876, cit. in Bot. Zeit. 1876, S. 639.

Dieselben Beobachtungen machte Stahl[1]) an Ceratodon purpureus, deren noch nicht vollkommen reife Fruchtkapseln er mit dem Fruchtstiele von der Mutterpflanze abriß oder abschnitt. Nach 2 — 3 Monaten zeigten sich, von der Schnittfläche des Fruchtstieles (seta) ausgehend, reichliche Protonema-bildungen, die sich rasch auf der erdigen Unterlage verbreiteten und an denen sich hier und da bereits beblätterte Moospflänzchen gebildet hatten. Diese Fäden stammten aus einzelnen, chlorophyllhaltigen, der Rinde benachbarten Zellen des inneren Grundgewebes des Fruchtstieles, dessen Hauptmasse abgestorben war. In dem abgestorbenen Gewebe hatten sich jene Zellen nicht nur frisch erhalten, sondern sogar ihren Gehalt an Protoplasma und Chlorophyll bedeutend vermehrt, ihre Gestalt durch Ausdehnung und Abrundung ihrer Ecken und Kanten derart verändert, daß sie schon einen einzelligen, walzigen Faden darstellten, der nun allmählich sich verlängerte, durch Querwände sich theilte und, sobald er aus dem alten Fruchtstiele hervorgebrochen war, an Dicke zunahm. Ebensolche Vorkeime entstanden aus einzelnen Zellen der zerschnittenen Fruchtkapsel.

Der Unterschied von der Stecklingsbildung der Phanerogamen besteht also hier lediglich darin, daß der größte Theil des alten Individuums zu Grunde geht, und daß die lebendig gebliebenen Theile sich erst zu einem Vorkeim ausbilden, auf welchem neue Knospen entstehen.

Der Steckling der Phanerogamen kann durch die verschiedensten, morphologischen Glieder repräsentirt werden. In der Mehrzahl der Fälle ist es ein Zweigtheil, der mit Knospen versehen ist. Die Größe des Stecklings richtet sich im Allgemeinen nach der bei den einzelnen Arten und Gattungen verschieden großen Leichtigkeit, mit der der losgelöste Achsentheil Adventivwurzeln und -knospen zu bilden im Stande ist. Je schneller ein Achsentheil Wurzeln bildet und demgemäß den durch Verdunstung entstehenden Wasserverlust wieder zu decken im Stande ist, desto größer kann der Steckling sein. Je mehr die Verdunstung des als Steckling benutzten Pflanzentheils vermindert wird, desto länger behält derselbe die Fähigkeit, neue Wurzeln zu bilden; daher das Verfahren der Gärtner, die Stecklinge in feuchte Luft zu bringen. Andrerseits wird die Luft- und Bodenfeuchtigkeit um so weniger nothwendig sein, je saftiger der Pflanzentheil an und für sich ist und je dickwandiger gleichzeitig die seine Oberfläche bildenden Zellschichten sind (Cacteen, Epiphyllum, Stapelia, fleischige Euphorbiaceen und manche Compositen). Mangel an Material kann auch eine möglichst große Beschränkung in der Länge der Stecklinge wünschenswerth machen; unter solchen Umständen genügt eine Knospe, die mit einer geringen Parthie von Holz ausgeschnitten wird; diese Vermehrungsart kommt z. B. bei

[1]) Ueber künstlich hervorgerufene Protonemabildung an dem Sporogonium der Laubmoose. Bot. Zeit. 1876, Nr. 44.

edlen Weinsorten (Vitis vinifera) gar nicht selten zur Anwendung. Ja auch Oculiraugen ohne Holz mit bloßem Rindenschildchen erzeugen in feuchter Luft Callus auf der Innenseite der Rinde [1]), und es ist nicht zu zweifeln, daß mit der Zeit neue Wurzeln gebildet werden können.

Außer den verholzten Zweiggliedern liefern auch die Blätter Material zu Stecklingen. Am längsten bekannt dürfte die Wurzel- und Knospenbildung am Grunde fleischiger Blattbasen (Zwiebelschuppen) sein. Die reiche und schnelle Vermehrung von Liliengewächsen durch Zwiebelschuppen ist vielfach in Gebrauch. Unter günstigen Umständen genügt selbst der grüne, oberirdische Batttheil mancher Liliaceen (Hyacinthus) als Steckling, selbst einzelne Stücke des Blattes reichen aus (Aloineen z. B. Sanseviera nach Crüger). Wir kommen auf diese Vermehrungsart später eingehender zurück.

Die Vermehrung mancher dicotylen Pflanzen durch Blätter oder Blattstücke ist hinreichend bekannt. Krautartige, dicke Blätter eignen sich am besten dazu (Begoniaceen, Gesneriaceen); weniger günstig erweisen sich sehr saftige und derb lederartige Blätter. Auch Blattstiele (Kohlarten, Sellerie) sind mit Wurzeln beobachtet worden. Jedenfalls werden eingehendere Untersuchungen den Kreis der durch Blattstecklinge zu vermehrenden Pflanzen noch bedeutend erweitern.

Blüthenstiele sind bei Primula sinensis mit Erfolg als Stecklinge benutzt worden. Bei derselben Pflanze verwendete Cramer [2]) verlaubte Blüthen, bei denen Knospen in der Achsel der Fruchtblätter entstanden waren. Daß auch Früchte selbst als Stecklinge benutzt werden können, zeigt ein Fall, den Baillon beobachtete; hier brachen Wurzeln aus einer Cactusfrucht hervor. [3]) Derselbe Forscher durchschnitt auch den Fruchtknoten der Jussieua salicifolia, welcher ungefähr in der Mitte zwei Blättchen hat, während und nach dem Aufblühen quer über der Basis, so daß man innen die Eichen sehen konnte, und setzte diese Stecklinge in einen Topf. Nach 3 Wochen wurden die reichbewurzelten Stecklinge verpflanzt. Im Winkel eines jeden der Fruchtknotenblätter erschien ein kleiner Zweig mit Schuppen. Die oberen Blumentheile starben ab, und es bildete sich eine ringförmige Narbe. [4]) Irmisch beschreibt Wurzelbildung an Cotyledonen von Bunium creticum und Carum Bulbocastanum. [5]) Verfasser sah solche bei abgebrochenen Cotyledonen von Bohnen (Phaseolus vulgaris). Carrière fand Wurzeln an Früchten von Lilium lancifolium. Beinling sah Blüthenstiele von Echeveria im feuchten Sande mit Wurzeln ver-

---

1) Stoll: Ueber Ringelungen. Wiener Obst- u. Gartenzeitung 1876, S. 167.
2) Bildungsabweichungen, S. 37.
3) Vegetable Teratologie, S. 160.
4) Bot. Zeit. 1865, S. 257, aus Adansonia t. I, S. 181.
5) Flora 1858, S. 32, 42.

sehen.[1]) Die Verwendung von Wurzelstücken, welche Adventivknospen erzeugen, ist bei vielen Gartenpflanzen regelmäßig im Gebrauch (Cydonia vulgaris und japonica, Anemone japonica, Paeonia arborea, Bignonia radicans u. s. w.).

Es ist also kein Glied des Pflanzenkörpers, das nicht unter besonders günstigen Umständen bei dieser oder jener Pflanze als Steckling Verwendung finden könnte. Wir glauben, daß jede größere, mit Reservestoffen versehene chlorophyllreiche Parenchymmasse, die im Stande ist, von ihrem Muttertheil getrennt längere Zeit am Leben zu bleiben, unter zusagenden Verhältnissen zum Steckling werden kann d. h. Wurzeln und Triebe erzeugen kann. In erster Linie interessiren uns die gewöhnlichen Stecklinge aus Zweiggliedern.

Je nach ihrer Consistenz und der Fähigkeit, mit der sie neue Wurzeln und Knospen zu bilden im Stande sind, verhalten sich die abgeschnittenen Zweigglieder verschieden. Im Allgemeinen bemerkt man. daß saftig-fleischige Stengel an der Schnittfläche sich durch Korkbildung abschließen, aber sonst ohne bedeutende Neubildungen bleiben und alsbald Wurzeln hervorbrechen lassen, während Zweige mit stark entwickeltem Holzkörper längere Zeit (bisweilen mehrere Monate) brauchen, bevor sie Wurzeln entwickeln und dafür zunächst einen größeren, vorzugsweise parenchymatischen, knorpelartig werdenden Vernarbungswulst (Callus) aus der Schnittfläche hervorwölben.

Die Bildung des Callus an Stecklingen hat die größte Aehnlichkeit mit der Bildung des Ringelwulstes, die wir am Wein besprochen haben und auf welche wir hier verweisen. In der That ist der wesentlichste Unterschied nur dadurch hervorgerufen, daß bei einem Stecklinge auch noch der Holzkörper von der Mutterpflanze getrennt ist, also mit seiner Ernährung vollständig auf seinen zunächst vorhandenen Wasser- und Nährstoffvorrath angewiesen ist, während bei dem geringelten resp. geschälten Zweige der die Wasserzufuhr vermittelnde Holzkörper in Verbindung mit der basalen Zweigparthie bleibt und durch seinen belaubten, oberen Theil stets neues, plastisches Material zugeführt erhält.

Früher wurden auch die Stecklinge derart gemacht, daß man zunächst Zweige durch Ringeln oder Unterbinden zur Bildung eines Ringelwulstes veranlaßte und dann dieselben unterhalb des Wulstes abschnitt.[2]) Neuerdings ist dies Verfahren[3]) wieder als neu in der Form empfohlen worden, daß man den zum Steckling ausersehenen Zweig 8—12 Tage vorher an der beabsichtigten Ablösungsstelle auf $^3/_4$ seines Durchmessers einschneidet, so daß noch an der Mutterpflanze Callus gebildet werden kann.

---

[1]) Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von Peperomia. Inauguraldissertation. Breslau 1878, S. 6.

[2]) Duhamel: Physique des arbres, II, S. 123.

[3]) Neue Art der Stecklingsvermehrung. Pomolog. Monatshefte v. Lucas 1879, S. 89.

Nach den bisher behandelten Vorgängen der Gewebeformation verschiedener Wunden werden wir jetzt im Stande sein, uns die Bildung des Callus an der Schnittfläche von Stecklingen construiren zu können.

Der in der Regel schief abwärts geneigte, unterhalb einer Knospe beginnende Querschnitt hat die sämmtlichen Gewebeformen, welche den Zweig zusammensetzen, bloß gelegt. Die Gewebezonen der Schnittfläche erhalten von unten her keinen Druck, sondern nur noch von oben und von der Seite; der Seitendruck ist im Verhältniß zum früheren Zustande bedeutend vermindert. Die nächste Folge ist, daß die der Schnittfläche benachbarten, unverletzten Zellen, soweit dieselben noch streckungsfähig sind, sich in der Richtung dehnen, in der sie den geringsten Widerstand finden: sie wölben sich nach außen. Die Gewebe, welche neue Zellen zu erzeugen im Stande sind, werden dies durch den verminderten Rindendruck in erhöhtem Maße thun: die Zelltheilung wird reichlicher, die Produkte dieser Theilung bleiben aber kürzer, parenchymatisch.

Die aus der Schnittfläche sich hervorwölbenden, neuen Zellen kommen in das feuchte, lockere Medium, in das der Steckling behufs Wurzelbildung eingesteckt worden ist. Der Einfluß der Feuchtigkeit macht sich in der erhöhten Turgescenz der Zellen und in der dadurch ungemein gesteigerten Streckung derselben geltend. Die Zellen verlängern sich oft fadenförmig, wobei sie unterhalb ihrer Spitze durch Querwände immer neue Zellen abschnüren. So sehen wir denn zunächst eine zarte, weißliche Zellenmasse aus der Schnittfläche von allen denjenigen Gewebepartien des Stecklings hervorbrechen, die zur Neubildung von Zellen noch fähig sind, sehen diese Masse sich über diejenigen Parthien des Querschnitts lagern, welche selbst unthätig bleiben (Holzkörper), und sehen diese Masse zunächst hauptsächlich durch Spitzenwachsthum der einzelnen Zellreihen an Umfang zunehmen.

Allmählich erlischt aber das Spitzenwachsthum, das die Vergrößerung des Callus an der Peripherie veranlaßte und demnach die jüngsten Zellen am Callusumfange erzeugte. Je feuchter das Medium ist, desto länger erhält sich das Spitzenwachsthum der Randzellen. In einem trocknen Medium kann es fast ganz fehlen, indem die unter den zuerst sich vorwölbenden, alsbald verkorkenden Zellen liegenden Schichten sich reichlich theilen und die äußeren sammt den auf ihnen sitzenden, alten, angeschnittenen und abgestorbenen Zellresten vor sich herschieben.

Je nach der Pflanzenspezies und nach der Oertlichkeit, in der sich der Steckling befindet, tritt früher oder später unter den äußersten Zellen am Callusumfange eine Zone in Zellvermehrung, deren Produkt die Bildung tafelförmiger Korkzellen ist. Der Callus hat sich nun mit einer Korkhaut bekleidet, welche für die eingeschlossene, parenchymatische Grundmasse einen schützenden, aber auch gleichzeitig einen schnürenden Mantel darstellt. Ebenso haben sich Korkzonen um die Hartbastzellen gebildet, wodurch diese abgeschlossen werden. In

der parenchymatischen Grundmasse des Callus sehen wir nun dieselben Vorgänge eintreten, wie in dem Callus des Ringelwulstes.

Die Grundmasse erscheint zunächst gefächert durch von dem alten Gewebe des Stecklings in den Callus hinein verlaufende Stränge zartwandigerer, inhaltsreicherer Zellen. Diese Stränge erweisen sich als die Anlagen von Gefäßbündeln, die bei den Dicotyledonen sich alsbald durch Ausscheidung dickwandigerer Zellelemente charakterisiren und in ihrer Mitte eine, den späteren Cambiumring andeutende Meristemzone erkennen lassen. Auf der Innenseite, nach dem alten Holzkörper zu, treten die ersten dickwandigen Elemente in Form kurzer, poröser oder netzig verdickter Gefäße auf; an der Außenseite der Meristemzone erkennt man ebenso kurze oder etwas längere Bastzellen. Mit dem Aelterwerden des Callus werden diese Gefäßbündel immer reicher an Elementen und demgemäß immer breiter; die zwischen ihnen liegenden Zonen parenchymatischen Gewebes werden immer schmäler und reduziren sich endlich auf die Ausdehnung normaler Markstrahlen, die den aus den isolirten Gefäßsträngen allmählich hervorgegangenen, festen Holzkörper fächern.

Bei den Callus bildenden, holzigen Gewächsen können wir den Vernarbungsprozeß des Stecklings uns also in der Weise vorstellen, daß die Ueberwallungsränder, die sich an einem geringelten Zweige an den stehenden Holzkörper anlagern, hier über die Schnittfläche des Holzes gänzlich oder theilweis zusammenschlagen. Aus dem Callus oder oberhalb desselben aus dem alten Zweigtheil treten die Wurzeln hervor.

In etwas anderer Weise geht die Bildung des Callus bei krautartigen Stecklingen vor sich. Während wir im Obigen holzige Stecklinge im Auge gehabt haben, bei denen sich der Markkörper ebenso wenig, wie der Holzkörper und die ältere Rinde an der Zellvermehrung betheiligen, und die Callusbildung lediglich vom Cambium [1]) ausgeht, können bei den krautartigen Stecklingen fast alle Gewebe an der Callusbildung theilnehmen. Namentlich ist es der Markkörper, der in seiner ganzen Ausdehnung oder mit den Zellen der Markkrone wenigstens mitwirkt, ferner die älteren Rindenpartien. Auch die Gefäße betheiligen sich reichlich, indem sie sich durch Thyllenbildung mit parenchymatischem Gewebe füllen und dieses Gewebe ebenfalls über die Schnittfläche hervorwuchert (Begonia, Thunbergia, Stigmaphyllon). Selbst in weitlumigen Hartbastzellen (Sanseviera) ist Neubildung von Querwänden beobachtet worden.[2]) Da in der gärtnerischen Praxis die meisten Stecklinge in einem noch weichen, wenig verholzten Zustande gemacht werden, so hat die Callusbildung krautartiger

---

[1]) Cambium in dem hier stets gebrauchten Sinne aufgefaßt, also die zuletzt noch differenzirten Holz- und Rindenelemente mit einbegriffen.

[2]) H. Crüger auf Trinidad: Westindische Fragmente, XII. Einiges über die Gewebsveränderungen bei der Fortpflanzung durch Stecklinge. Bot. Zeit. 1860, S. 371.

Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



Stecklinge das bedeutendste Interesse. Wir wählen zu deutlicherer Darstellung des Vorganges eine **Fuchsia**.

Figurenerklärung.

Der Callus eines Fuchsiensteckling (Taf. XIII, Fig. 1) ist der Länge nach durchschnitten. ss bedeutet die ursprüngliche Schnittfläche; die unterhalb vortretenden Elemente sind nach dem Abschneiden gebildet, oberhalb ss die ursprünglichen Gewebe des Stecklings, dessen eine Hälfte nur gezeichnet worden ist. m ist der Markkörper, h der Holzkörper, r die Rinde, in welcher die Hartbastzellen b verlaufen; diese, sowie ein Theil der Holzzellen h' sind an der Schnittfläche gebräunt und abgestorben; auch die äußere Rinde r' ist in der Gegend der Schnittfläche zusammengetrocknet. Die jüngeren, inneren Rindenschichten dagegen und namentlich der Markkörper haben durch reichliche Zellvermehrung ihre Wundfläche vernarbt. Der äußere Theil dieses Vernarbungsgewebes ist verkorkt und diese Korkschicht k hat eine bedeutende Ausdehnung durch die Thätigkeit des Korkcambiums ke erlangt, welche nun für das zartere, innere Rindengewebe den Abschluß bildet. In der Callusrinde sehen wir die quergestreckten Schlauchzellen o mit oxalsaurem Kalk in Raphiden. In der Nähe derselben einzelne Zellgruppen mit dickeren Wandungen b', welche den Bastkörper der Gefäßbündel andeuten, die bereits im Callus sich gebildet haben und deren Holzkörper durch Stränge kurzer, netzartig verdickter Gefäßzellen g'' angedeutet ist. Diese legen sich an die Gefäße im Holzkörper des Stecklings an, dessen dünnwandige, stärkereiche, an den Markkörper grenzenden Holzzellen an der Callusbildung Theil genommen haben. Der alte Holzkörper des Stecklings ist bei dem Schneiden eingerissen. Die Rißstelle d ist ausgefüllt mit Callus und bis in diese Rißstelle hinein läßt sich die Cambiumzone c,c, verfolgen, die in einem zusammenhängenden Bogen sich durch den Callus hinzieht. Das normale Cambium des Stecklings lag auf der Außenseite des Holzkörpes h. Hier ist durch das Abschneiden des Zweiges zum Steckling genau dieselbe Veränderung, wie bei dem geringelten Zweige eingetreten. Aus dem Cambium hat sich zunächst kurzes, parenchymatisches Gewebe p gebildet, in welchem allmählich kurze, netzförmig verdickte Gefäßelemente g auftreten. Nach der Schnittfläche hin haben sich diese Gewebepartien durch eine starke Korkschicht k' abgegrenzt. Aber auch in der äußeren Rinde hat eine Zellvermehrung und in dem neuen Gewebe eine Bildung von kurzen Gefäßzellen g' stattgefunden, auf deren Außenseite eine Meristemschicht c' erkennbar ist.

In dem vorliegenden Beispiele hat neben dem Cambium der Markkörper den Hauptbildungsheerd für den Callus dargestellt.

Ganz unthätig dagegen bleibt das Mark in dem folgenden Falle, bei einem Rosenstecklinge, Fig. 2.

Auch hier bedeutet ss die Schnittlinie; alles unterhalb dieser Schnitt-

linie liegende ist Callusbildung, die in dicken Wülsten aus dem ursprünglichen Cambium hervorgebrochen ist und sich vom Rande her über die Schnittfläche ausbreitet. Wir unterscheiden in dem durch die Figur dargestellten Längsschnitt einen radial geschnittenen Wulst ca' und einen von der Hinterseite her sich vorwölbenden und daher quergeschnittenen Calluswulst ca², dessen Rinde bereits mit dem seitlich sich herumwölbenden ca' verschmolzen ist. So wird bei diesem älteren Rosenstecklinge allerdings auch der Markkörper gedeckt; allein dies geschieht hier durch Verschmelzung der vom Rande nach der Mitte hin sich vorwölbenden Ränder, während bei dem abgebildeten Fuchsienstecklinge die Hauptcallusmasse vom Marke selbst gebildet wird.

Die Bezeichnung der einzelnen Elemente stimmt im Allgemeinen mit der der vorigen Zeichnung. m Markkörper, der hier durch den Schnitt eingerissen ist. Der Riß u' ist ausgefüllt durch den vom Hinterrande hervor sich wölbenden Callus; h das alte, vor dem Abschneiden des Zweiges zum Steckling gebildete Holz; nh das während der Stecklingsperiode gebildete Neuholz, das in seinem Charakter genau dem Neuholz des Ringelwulstes bei dem Weinstock entspricht; es beginnt mit kurzen, weiten, porösen, dickwandigen, stärkereichen Zellenmassen, in denen ebenso kurze, netzförmige Gefäße auftreten. Diese Elemente werden nach außen hin immer enger und gestreckter, dem normalen Holze immer ähnlicher, je später sie nach dem Schnitt angelegt werden, je näher sie also der Cambiumzone cc liegen. Diese Cambiumzone geht im weiten Bogen um die Schnittfläche des alten Holzkörpers herum und ist auf ihrer Außenseite von der neugebildeten Rinde nr bekleidet, die in der Zeichnung nicht vollständig wiedergegeben ist. Am äußersten Rande der Rinde bemerken wir noch die jetzt verkorkten und bereits im Absterben begriffenen, zuerst über die Schnittfläche hervorgetretenen weiten, reihenweis geordneten, an den Endgliedern aus abgerundeten, kugeligen bis birnenförmigen Zellen gebildeten Callusanfänge a. Diese Zellreihen vermehrten sich zuerst an der Spitze, indem ihre äußersten Zellen sich vergrößerten, durch eine Querwand sich theilten und die dadurch verkleinerte Endzelle den Prozeß im Heranwachsen wiederholte.

In dem von hinten hervorkommenden, quer geschnittenen Calluswulst ca² bedeutet g die kurzen, netzigen Gefäße, welche die Anfänge des neuen Holzkörpers sind; um dieselben zieht sich die Cambiumzone c'. b ist der alte, vor dem Abschneiden des Zweiges zum Steckling gebildete Baststrang; er ist an der Schnittfläche durch die wuchernde Neuholzbildung weit von dem alten Holze abgedrängt worden und an seinem freien Ende abgestorben. Die zu beiden Seiten dem Hartbast anliegenden Zellen dagegen haben sich, vom Rindendruck durch den Schnitt befreit, quer gestreckt r', während sie im normalen Zustande längs gestreckt sind. Der übrige äußere Theil der alten Rinde r hat sich nicht verändert und seinen Wundrand durch Kork abgeschlossen. o Rhombische Einzelkrystalle und sternförmige Drusen von oxalsaurem Kalk.

Verwendung verschiedener Achsenorgane.

Die Callusbildung selbst, sehen wir, ist also ein einfacher Vernarbungsprozeß einer Querwunde. Die Ausbildung des Vernarbungsgewebes an der Basis des Stecklings wird von besonders günstigen Umständen begleitet. Die Reservestoffe im Steckling finden außer in der Vertheilung des oberen Wundrandes augenblicklich keine andere Verwendung, als bei der Vernarbung der unteren Wundfläche, da der meist schattige Standort des Stecklings einem Erwecken der Knospen nicht günstig ist. Wo durch Unkenntniß die dem Steckling gebotenen Vegetationsbedingungen eine schnelle Entwicklung der Augen veranlassen, bleibt die Callus- und Wurzelbildung zurück oder schlägt ganz fehl. Zweitens wirken der feuchte Standort und die in der Regel erhöhte Bodentemperatur dahin, daß die Zellvermehrung an der unteren Schnittfläche begünstigt wird, das Vernarbungsgewebe also einen sehr üppigen Charakter annimmt. Unbedingt nöthig ist für den Steckling die Callusbildung nicht. Pflanzen, welche sehr leicht Adventivknospen machen, reduziren ihr Callusgewebe auf ganz geringe Mengen; sie grenzen ihre Schnittfläche durch Korkbildung ab und verwenden ihre Reservestoffe sofort zur Bildung und Weiterentwicklung neuer Wurzelanlagen. Dabei tritt eine reiche Zellvermehrung häufig nur in der der Schnittfläche zunächst liegenden Cambiumzone ein, wodurch die Basis des Stecklings bedeutend anschwillt (Begonia). Die Callusbildung kann bei den schwer Adventivwurzeln treibenden Gehölzen selbst schädlich werden, indem sie durch ihre besonders reiche Ausbildung das Material für die Bildung neuer Wurzeln in Beschlag nimmt. Wir sehen dann bisweilen enorme, knorpelige Calluswülste, ohne daß der Steckling Wurzeln macht (Coniferen).

Von der Art und dem Alterszustande des Stecklings und den gebotenen Vegetationsbedingungen hängt es ab, welche Gewebe an der Callusbildung theilnehmen. Stets ist das Cambium dabei betheiligt. Da, wo es nicht ausschließlich den Vernarbungsprozeß übernimmt, wird es unterstützt von dem Parenchym der Innenrinde oder außerdem von einem Theil oder sämmtlichem Parenchym des Markkörpers; ferner können selbst das Parenchym des Holzkörpers und das der älteren Rinde sich betheiligen. Bei krautartigen, schnell wachsenden Pflanzen tritt selbst in dickwandigen Elementen eine Zellvermehrung in der Nähe der Schnittfläche ein durch Thyllenbildung in Gefäßen und durch Neubildung von Querwänden im Collenchym der älteren Rinde, wobei beobachtet worden ist [1]), daß die verdickten Wandungen der Collenchymzellen und der Gefäße in der unmittelbaren Nähe der Thyllen sich aufquellend lockern und theilweis resorbirt werden.

Je mehr lebenskräftiges Parenchym vorhanden, desto schneller und reich-

[1]) Crüger a. a. O., S. 371, bei Portulacca oleracea.

linie liegende ist Callusbildung, die in dicken Wülsten aus dem
Cambium hervorgebrochen ist und sich vom Rande her üb
ausbreitet. Wir unterscheiden in dem durch die Figur da
einen radial geschnittenen Wulst ca' und einen von
vorwölbenden und daher quergeschnittenen Calluswul
mit dem seitlich sich herumwölbenden ca' verschm
älteren Rosenstecklinge allerdings auch der Mar
schieht hier durch Verschmelzung der vom Ra
wölbenden Ränder, während bei dem abge
callusmasse vom Marke selbst gebildet w

Die Bezeichnung der einzelnen E
der vorigen Zeichnung. m Markkörp
ist. Der Riß u' ist ausgefüllt durch
Callus; h das alte, vor dem Ab ... ue
Holz; nh das während der S ... ung neigen
Charakter genau dem Neuho
es beginnt mit kurzen, weit ... gen über die Stecklings-
in denen ebenso kurze, n ... den. Eine bedeutende Arbeit
nach außen hin immer ... e von J. Hanstein[1]), der an ge-
licher, je später sie r ... r die Circulation der Stoffe im Pflanzen-
Cambiumzone cc li ... solche Stecklinge mit gesondertem Holz- und
Schnittfläche des ... r Nähe ihrer Basis geringelt wurden, über der
der neugebildete ... wickelten und nicht an der unteren Schnittfläche. Wurden
wiedergegeben ... on Wurzeln gebildet hatten, geringelt, so hörte die Weiter-
verkorkten ur ... r Wurzeln auf und es erfolgte Neubildung direkt über der
hervorgetre Eine Ausnahme erleidet diese Regel bei allen denjenigen Pflanzen,
rundeten, wickelte Gefäßbündel oder wenigstens ein entwickeltes Siebröhrensystem
Zellreih Markkörper besitzen. Bei ihnen zeigen sich Wurzeln, trotz der Ringe-
sich v an der unteren Schnittfläche des Stecklings. Unter Bestätigung dieser
Ent nisse ist nur hinzuzufügen, daß man mit reifen oder nahezu ausgereiften
sen operiren muß, um diese Resultate zu erlangen. Wenn man ganz junge,
tartige Spitzen holziger Pflanzen verwendet, bei denen übrigens das Ringeln
sehr schlecht sich sauber ausführen läßt, so entsteht aus der Schnittfläche oder
in unmittelbarer Nähe derselben der neue Wurzelapparat, wobei alle Gewebe,
mit Ausnahme der alten Prosenchymelemente, sich an der Callusbildung betheiligen. Der Theil über der Ringelblöße vertrocknet dann häufig. Dieselbe Erscheinung läßt sich beobachten, wenn man Stecklinge verkehrt in die Erde

---

[1]) Johannes Hanstein: Ueber die Leitung des Saftes durch die Rinde. Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Bot., Bd. II, 1860, S. 392—467.

·n wachsen solche Stecklinge an und weiter fort; meist sterben
dem in der Erde befindlichen, organisch oberen Ende Callus
· gebildet, von oben her bis auf eine kleine Basalparthie
·er neue Triebe.
·ern praktisch wichtig, als sie die Wanderung des
·en Neubildungen nothwendig ist, deutlich illu-
·twege für die bildungsfähige Substanz in
·nsystem zu suchen sind. Sind solche
·n findet in demselben ebenfalls eine
Neben diesen Hauptwegen giebt es
·dende Nebenwege. Es werden
·rkes plastische Materialien
Neuberindung von Schäl-
·achse gelöstes Reservematerial
·ge, die durch diese Wege wandern
·chend für nennenswerthe Neubildungen.
· Spitze hin, wandern die plastischen Stoffe
abwärts.

·erkehrt gepflanzten Stecklingen sehen und auch bei absicht-
·ten Veredlungen wahrnehmen können, ist unter günstigen Ver-
· Wanderung des gesammten flüssigen Materials in der Pflanze,
·er rohen Bodenlösung, als auch der plastischen, organisirten Baustoffe
· allen Richtungen hin möglich. Die leichtest passirbaren Wege werden natürlich zuerst benutzt; bei dort eintretenden Hindernissen erlangen die Nebenwege eine erhöhte Bedeutung. Bei Stecklingen kann sich an jeder Wundstelle Callus bilden und dieser Callus kann chlorophyllführende Achsen und Wurzeln erzeugen. Ob thatsächlich ein solcher Fall eintritt, das hängt von den äußeren Verhältnissen und dem jeder Pflanze innewohnenden, typischen, nur schwer irritirbaren Entwicklungsgesetze ab. Viele Pflanzen machen so schnell Adventivwurzeln aus dem Internodium, daß die Callusbildung an der Schnittfläche gar nicht Zeit und Material genug erhält, um zu namhafter Entwicklung zu gelangen.

Aus der Verschiedenartigkeit der äußeren Einflüsse erklären sich auch die Widersprüche in den Resultaten der einzelnen Beobachter. So giebt Stoll[1]) an, daß bei Pogostemon Patchouli ein Callus nicht sichtbar geworden, während Hansen[2]) solchen beobachtete; auch sah Ersterer in dem Callusgewebe keine neuen Vegetationspunkte entstehen, während Letzterer dergleichen constatiren konnte u. s. w.

---

1) Ueber die Bildung des Callus bei Stecklingen. Bot. Zeit. 1874, Nr. 46 u. 47.

2) Ad. Hansen: Ueber Adventivbildungen. Sitzungsber. d. phys.-med. Societät zu Erlangen vom 14. Juni 1880.

sehen.[1]) Die Verwendung von Wurzelstücken, welche Adventivknospen erzeugen, ist bei vielen Gartenpflanzen regelmäßig im Gebrauch (Cydonia vulgaris und japonica, Anemone japonica, Paeonia arborea, Bignonia radicans u. s. w.).

Es ist also kein Glied des Pflanzenkörpers, das nicht unter besonders günstigen Umständen bei dieser oder jener Pflanze als Steckling Verwendung finden könnte. Wir glauben, daß jede größere, mit Reservestoffen versehene chlorophyllreiche Parenchymmasse, die im Stande ist, von ihrem Muttertheil getrennt längere Zeit am Leben zu bleiben, unter zusagenden Verhältnissen zum Steckling werden kann d. h. Wurzeln und Triebe erzeugen kann. In erster Linie interessiren uns die gewöhnlichen Stecklinge aus Zweiggliedern.

Je nach ihrer Consistenz und der Fähigkeit, mit der sie neue Wurzeln und Knospen zu bilden im Stande sind, verhalten sich die abgeschnittenen Zweigglieder verschieden. Im Allgemeinen bemerkt man, daß saftig-fleischige Stengel an der Schnittfläche sich durch Korkbildung abschließen, aber sonst ohne bedeutende Neubildungen bleiben und alsbald Wurzeln hervorbrechen lassen, während Zweige mit stark entwickeltem Holzkörper längere Zeit (bisweilen mehrere Monate) brauchen, bevor sie Wurzeln entwickeln und dafür zunächst einen größeren, vorzugsweise parenchymatischen, knorpelartig werdenden Vernarbungswulst (Callus) aus der Schnittfläche hervorwölben.

Die Bildung des Callus an Stecklingen hat die größte Aehnlichkeit mit der Bildung des Ringelwulstes, die wir am Wein besprochen haben und auf welche wir hier verweisen. In der That ist der wesentlichste Unterschied nur dadurch hervorgerufen, daß bei einem Stecklinge auch noch der Holzkörper von der Mutterpflanze getrennt ist, also mit seiner Ernährung vollständig auf seinen zunächst vorhandenen Wasser- und Nährstoffvorrath angewiesen ist, während bei dem geringelten resp. geschälten Zweige der die Wasserzufuhr vermittelnde Holzkörper in Verbindung mit der basalen Zweigparthie bleibt und durch seinen belaubten, oberen Theil stets neues, plastisches Material zugeführt erhält.

Früher wurden auch die Stecklinge derart gemacht, daß man zunächst Zweige durch Ringeln oder Unterbinden zur Bildung eines Ringelwulstes veranlaßte und dann dieselben unterhalb des Wulstes abschnitt.[2]) Neuerdings ist dies Verfahren[3]) wieder als neu in der Form empfohlen worden, daß man den zum Steckling ausersehenen Zweig 8—12 Tage vorher an der beabsichtigten Ablösungsstelle auf $^3/_4$ seines Durchmessers einschneidet, so daß noch an der Mutterpflanze Callus gebildet werden kann.

[1]) Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von Peperomia. Inauguraldissertation. Breslau 1878, S. 6.

[2]) Duhamel: Physique des arbres, II, S. 123.

[3]) Neue Art der Stecklingsvermehrung. Pomolog. Monatshefte v. Lucas 1879, S. 89.

Nach den bisher behandelten Vorgängen der Gewebeformation verschiedener Wunden werden wir jetzt im Stande sein, uns die Bildung des Callus an der Schnittfläche von Stecklingen construiren zu können.

Der in der Regel schief abwärts geneigte, unterhalb einer Knospe beginnende Querschnitt hat die sämmtlichen Gewebeformen, welche den Zweig zusammensetzen, bloß gelegt. Die Gewebezonen der Schnittfläche erhalten von unten her keinen Druck, sondern nur noch von oben und von der Seite; der Seitendruck ist im Verhältniß zum früheren Zustande bedeutend vermindert. Die nächste Folge ist, daß die der Schnittfläche benachbarten, unverletzten Zellen, soweit dieselben noch streckungsfähig sind, sich in der Richtung dehnen, in der sie den geringsten Widerstand finden: sie wölben sich nach außen. Die Gewebe, welche neue Zellen zu erzeugen im Stande sind, werden dies durch den verminderten Rindendruck in erhöhtem Maße thun: die Zelltheilung wird reichlicher, die Produkte dieser Theilung bleiben aber kürzer, parenchymatisch.

Die aus der Schnittfläche sich hervorwölbenden, neuen Zellen kommen in das feuchte, lockere Medium, in das der Steckling behufs Wurzelbildung eingesteckt worden ist. Der Einfluß der Feuchtigkeit macht sich in der erhöhten Turgescenz der Zellen und in der dadurch ungemein gesteigerten Streckung derselben geltend. Die Zellen verlängern sich oft fadenförmig, wobei sie unterhalb ihrer Spitze durch Querwände immer neue Zellen abschnüren. So sehen wir denn zunächst eine zarte, weißliche Zellenmasse aus der Schnittfläche von allen denjenigen Gewebepartien des Stecklings hervorbrechen, die zur Neubildung von Zellen noch fähig sind, sehen diese Masse sich über diejenigen Parthien des Querschnitts lagern, welche selbst unthätig bleiben (Holzkörper), und sehen diese Masse zunächst hauptsächlich durch Spitzenwachsthum der einzelnen Zellreihen an Umfang zunehmen.

Allmählich erlischt aber das Spitzenwachsthum, das die Vergrößerung des Callus an der Peripherie veranlaßte und demnach die jüngsten Zellen am Callusumfange erzeugte. Je feuchter das Medium ist, desto länger erhält sich das Spitzenwachsthum der Randzellen. In einem trocknen Medium kann es fast ganz fehlen, indem die unter den zuerst sich vorwölbenden, alsbald verkorkenden Zellen liegenden Schichten sich reichlich theilen und die äußeren sammt den auf ihnen sitzenden, alten, angeschnittenen und abgestorbenen Zellresten vor sich herschieben.

Je nach der Pflanzenspezies und nach der Oertlichkeit, in der sich der Steckling befindet, tritt früher oder später unter den äußersten Zellen am Callusumfange eine Zone in Zellvermehrung, deren Produkt die Bildung tafelförmiger Korkzellen ist. Der Callus hat sich nun mit einer Korkhaut bekleidet, welche für die eingeschlossene, parenchymatische Grundmasse einen schützenden, aber auch gleichzeitig einen schnürenden Mantel darstellt. Ebenso haben sich Korkzonen um die Hartbastzellen gebildet, wodurch diese abgeschlossen werden. In

der parenchymatischen Grundmasse des Callus sehen wir nun dieselben Vorgänge eintreten, wie in dem Callus des Ringelwulstes.

Die Grundmasse erscheint zunächst gefächert durch von dem alten Gewebe des Stecklings in den Callus hinein verlaufende Stränge zartwandigerer, inhaltsreicherer Zellen. Diese Stränge erweisen sich als die Anlagen von Gefäßbündeln, die bei den Dicotyledonen sich alsbald durch Ausscheidung dickwandigerer Zellelemente charakterisiren und in ihrer Mitte eine, den späteren Cambiumring andeutende Meristemzone erkennen lassen. Auf der Innenseite, nach dem alten Holzkörper zu, treten die ersten dickwandigen Elemente in Form kurzer, poröser oder netzig verdickter Gefäße auf; an der Außenseite der Meristemzone erkennt man ebenso kurze oder etwas längere Bastzellen. Mit dem Aelterwerden des Callus werden diese Gefäßbündel immer reicher an Elementen und demgemäß immer breiter; die zwischen ihnen liegenden Zonen parenchymatischen Gewebes werden immer schmäler und reduziren sich endlich auf die Ausdehnung normaler Markstrahlen, die den aus den isolirten Gefäßsträngen allmählich hervorgegangenen, festen Holzkörper fächern.

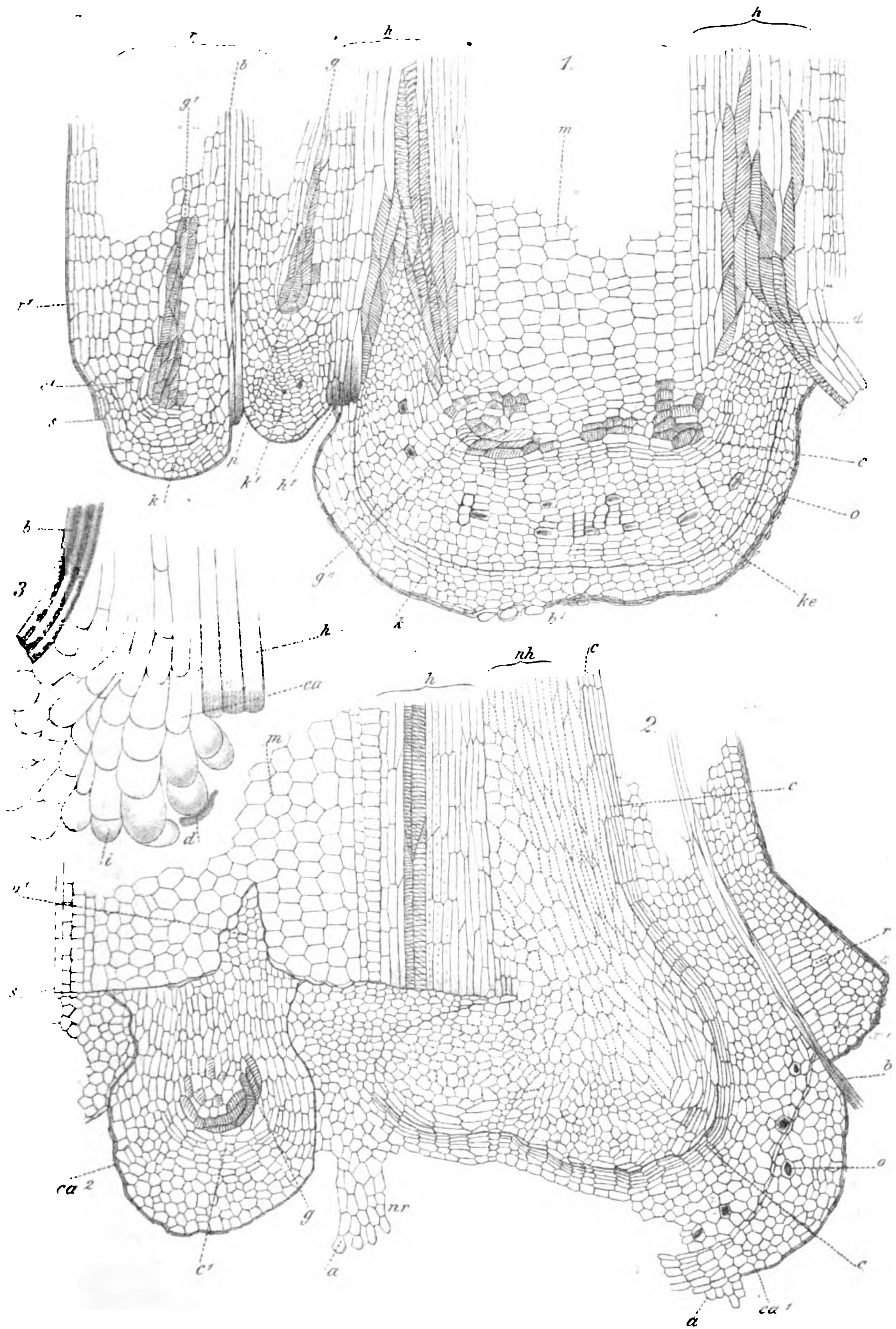
Bei den Callus bildenden, holzigen Gewächsen können wir den Vernarbungsprozeß des Stecklings uns also in der Weise vorstellen, daß die Ueberwallungsränder, die sich an einem geringelten Zweige an den stehenden Holzkörper anlagern, hier über die Schnittfläche des Holzes gänzlich oder theilweis zusammenschlagen. Aus dem Callus oder oberhalb desselben aus dem alten Zweigtheil treten die Wurzeln hervor.

In etwas anderer Weise geht die Bildung des Callus bei krautartigen Stecklingen vor sich. Während wir im Obigen holzige Stecklinge im Auge gehabt haben, bei denen sich der Markkörper ebenso wenig, wie der Holzkörper und die ältere Rinde an der Zellvermehrung betheiligen, und die Callusbildung lediglich vom Cambium [1]) ausgeht, können bei den krautartigen Stecklingen fast alle Gewebe an der Callusbildung theilnehmen. Namentlich ist es der Markkörper, der in seiner ganzen Ausdehnung oder mit den Zellen der Markkrone wenigstens mitwirkt, ferner die älteren Rindenparthien. Auch die Gefäße betheiligen sich reichlich, indem sie sich durch Thyllenbildung mit parenchymatischem Gewebe füllen und dieses Gewebe ebenfalls über die Schnittfläche hervorwuchert (Begonia, Thunbergia, Stigmaphyllon). Selbst in weitlumigen Hartbastzellen (Sanseviera) ist Neubildung von Querwänden beobachtet worden.[2]) Da in der gärtnerischen Praxis die meisten Stecklinge in einem noch weichen, wenig verholzten Zustande gemacht werden, so hat die Callusbildung krautartiger

---

[1]) Cambium in dem hier stets gebrauchten Sinne aufgefaßt, also die zuletzt noch differenzirten Holz- und Rindenelemente mit einbegriffen.

[2]) H. Crüger auf Trinidad: Westindische Fragmente, XII. Einiges über die Gewebsveränderungen bei der Fortpflanzung durch Stecklinge. Bot. Zeit. 1860, S. 371.



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



Stecklinge das bedeutendste Interesse. Wir wählen zu deutlicherer Darstellung des Vorganges eine **Fuchsia**.

Figurenerklärung.

Der Callus eines Fuchsienstecklings (Taf. XIII, Fig. 1) ist der Länge nach durchschnitten. ss bedeutet die ursprüngliche Schnittfläche; die unterhalb vortretenden Elemente sind nach dem Abschneiden gebildet, oberhalb ss die ursprünglichen Gewebe des Stecklings, dessen eine Hälfte nur gezeichnet worden ist. m ist der Markkörper, h der Holzkörper, r die Rinde, in welcher die Hartbastzellen b verlaufen; diese, sowie ein Theil der Holzzellen h' sind an der Schnittfläche gebräunt und abgestorben; auch die äußere Rinde r' ist in der Gegend der Schnittfläche zusammengetrocknet. Die jüngeren, inneren Rindenschichten dagegen und namentlich der Markkörper haben durch reichliche Zellvermehrung ihre Wundfläche vernarbt. Der äußere Theil dieses Vernarbungsgewebes ist verkorkt und diese Korkschicht k hat eine bedeutende Ausdehnung durch die Thätigkeit des Korkcambiums kc erlangt, welche nun für das zartere, innere Rindengewebe den Abschluß bildet. In der Callusrinde sehen wir die quergestreckten Schlauchzellen o mit oxalsaurem Kalk in Raphiden. In der Nähe derselben einzelne Zellgruppen mit dickeren Wandungen b', welche den Bastkörper der Gefäßbündel andeuten, die bereits im Callus sich gebildet haben und deren Holzkörper durch Stränge kurzer, netzartig verdickter Gefäßzellen g'' angedeutet ist. Diese legen sich an die Gefäße im Holzkörper des Stecklings an, dessen dünnwandige, stärkereiche, an den Markkörper grenzenden Holzzellen an der Callusbildung Theil genommen haben. Der alte Holzkörper des Stecklings ist bei dem Schneiden eingerissen. Die Rißstelle d ist ausgefüllt mit Callus und bis in diese Rißstelle hinein läßt sich die Cambiumzone c,c, verfolgen, die in einem zusammenhängenden Bogen sich durch den Callus hinzieht. Das normale Cambium des Stecklings lag auf der Außenseite des Holzkörpes h. Hier ist durch das Abschneiden des Zweiges zum Steckling genau dieselbe Veränderung, wie bei dem geringelten Zweige eingetreten. Aus dem Cambium hat sich zunächst kurzes, parenchymatisches Gewebe p gebildet, in welchem allmählich kurze, netzförmig verdickte Gefäßelemente g auftreten. Nach der Schnittfläche hin haben sich diese Gewebepartien durch eine starke Korkschicht k' abgegrenzt. Aber auch in der äußeren Rinde hat eine Zellvermehrung und in dem neuen Gewebe eine Bildung von kurzen Gefäßzellen g' stattgefunden, auf deren Außenseite eine Meristemschicht c' erkennbar ist.

In dem vorliegenden Beispiele hat neben dem Cambium der Markkörper den Hauptbildungsheerd für den Callus dargestellt.

Ganz unthätig dagegen bleibt das Mark in dem folgenden Falle, bei einem Rosenstecklinge, Fig. 2.

Auch hier bedeutet ss die Schnittlinie; alles unterhalb dieser Schnitt-

linie liegende ist Callusbildung, die in dicken Wülsten aus dem ursprünglichen Cambium hervorgebrochen ist und sich vom Rande her über die Schnittfläche ausbreitet. Wir unterscheiden in dem durch die Figur dargestellten Längsschnitt einen radial geschnittenen Wulst ca' und einen von der Hinterseite her sich vorwölbenden und daher quergeschnittenen Calluswulst ca^2, dessen Rinde bereits mit dem seitlich sich herumwölbenden ca' verschmolzen ist. So wird bei diesem älteren Rosenstecklinge allerdings auch der Markkörper gedeckt; allein dies geschieht hier durch Verschmelzung der vom Rande nach der Mitte hin sich vorwölbenden Ränder, während bei dem abgebildeten Fuchsienstecklinge die Hauptcallusmasse vom Marke selbst gebildet wird.

Die Bezeichnung der einzelnen Elemente stimmt im Allgemeinen mit der der vorigen Zeichnung. m Markkörper, der hier durch den Schnitt eingerissen ist. Der Riß u' ist ausgefüllt durch den vom Hinterrande hervor sich wölbenden Callus; h das alte, vor dem Abschneiden des Zweiges zum Steckling gebildete Holz; nh das während der Stecklingsperiode gebildete Neuholz, das in seinem Charakter genau dem Neuholz des Ringelwulstes bei dem Weinstock entspricht; es beginnt mit kurzen, weiten, porösen, dickwandigen, stärkereichen Zellenmassen, in denen ebenso kurze, netzförmige Gefäße auftreten. Diese Elemente werden nach außen hin immer enger und gestreckter, dem normalen Holze immer ähnlicher, je später sie nach dem Schnitt angelegt werden, je näher sie also der Cambiumzone cc liegen. Diese Cambiumzone geht im weiten Bogen um die Schnittfläche des alten Holzkörpers herum und ist auf ihrer Außenseite von der neugebildeten Rinde nr bekleidet, die in der Zeichnung nicht vollständig wiedergegeben ist. Am äußersten Rande der Rinde bemerken wir noch die jetzt verkorkten und bereits im Absterben begriffenen, zuerst über die Schnittfläche hervorgetretenen weiten, reihenweis geordneten, an den Endgliedern aus abgerundeten, kugeligen bis birnenförmigen Zellen gebildeten Callusanfänge a. Diese Zellreihen vermehrten sich zuerst an der Spitze, indem ihre äußersten Zellen sich vergrößerten, durch eine Querwand sich theilten und die dadurch verkleinerte Endzelle den Prozeß im Heranwachsen wiederholte.

In dem von hinten hervorkommenden, quer geschnittenen Calluswulst ca^2 bedeutet g die kurzen, netzigen Gefäße, welche die Anfänge des neuen Holzkörpers sind; um dieselben zieht sich die Cambiumzone c'. b ist der alte, vor dem Abschneiden des Zweiges zum Steckling gebildete Baststrang; er ist an der Schnittfläche durch die wuchernde Neuholzbildung weit von dem alten Holze abgedrängt worden und an seinem freien Ende abgestorben. Die zu beiden Seiten dem Hartbast anliegenden Zellen dagegen haben sich, vom Rindendruck durch den Schnitt befreit, quer gestreckt r', während sie im normalen Zustande längs gestreckt sind. Der übrige äußere Theil der alten Rinde r hat sich nicht verändert und seinen Wundrand durch Kork abgeschlossen. o Rhombische Einzelkrystalle und sternförmige Drusen von oxalsaurem Kalk.

Verwendung verschiedener Achsenorgane.

Die Callusbildung selbst, sehen wir, ist also ein einfacher Vernarbungsprozeß einer Querwunde. Die Ausbildung des Vernarbungsgewebes an der Basis des Stecklings wird von besonders günstigen Umständen begleitet. Die Reservestoffe im Steckling finden außer in der Verheilung des oberen Wundrandes augenblicklich keine andere Verwendung, als bei der Vernarbung der unteren Wundfläche, da der meist schattige Standort des Stecklings einem Erwecken der Knospen nicht günstig ist. Wo durch Unkenntniß die dem Steckling gebotenen Vegetationsbedingungen eine schnelle Entwicklung der Augen veranlassen, bleibt die Callus- und Wurzelbildung zurück oder schlägt ganz fehl. Zweitens wirken der feuchte Standort und die in der Regel erhöhte Bodentemperatur dahin, daß die Zellvermehrung an der unteren Schnittfläche begünstigt wird, das Vernarbungsgewebe also einen sehr üppigen Charakter annimmt. Unbedingt nöthig ist für den Steckling die Callusbildung nicht. Pflanzen, welche sehr leicht Adventivknospen machen, reduziren ihr Callusgewebe auf ganz geringe Mengen; sie grenzen ihre Schnittfläche durch Korkbildung ab und verwenden ihre Reservestoffe sofort zur Bildung und Weiterentwicklung neuer Wurzelanlagen. Dabei tritt eine reiche Zellvermehrung häufig nur in der der Schnittfläche zunächst liegenden Cambiumzone ein, wodurch die Basis des Stecklings bedeutend anschwillt (Begonia). Die Callusbildung kann bei den schwer Adventivwurzeln treibenden Gehölzen selbst schädlich werden, indem sie durch ihre besonders reiche Ausbildung das Material für die Bildung neuer Wurzeln in Beschlag nimmt. Wir sehen dann bisweilen enorme, knorpelige Calluswülste, ohne daß der Steckling Wurzeln macht (Coniferen).

Von der Art und dem Alterszustande des Stecklings und den gebotenen Vegetationsbedingungen hängt es ab, welche Gewebe an der Callusbildung theilnehmen. Stets ist das Cambium dabei betheiligt. Da, wo es nicht ausschließlich den Vernarbungsprozeß übernimmt, wird es unterstützt von dem Parenchym der Innenrinde oder außerdem von einem Theil oder sämmtlichem Parenchym des Markkörpers; ferner können selbst das Parenchym des Holzkörpers und das der älteren Rinde sich betheiligen. Bei krautartigen, schnell wachsenden Pflanzen tritt selbst in dickwandigen Elementen eine Zellvermehrung in der Nähe der Schnittfläche ein durch Thyllenbildung in Gefäßen und durch Neubildung von Querwänden im Collenchym der älteren Rinde, wobei beobachtet worden ist [1]), daß die verdickten Wandungen der Collenchymzellen und der Gefäße in der unmittelbaren Nähe der Thyllen sich aufquellend lockern und theilweis resorbirt werden.

Je mehr lebenskräftiges Parenchym vorhanden, desto schneller und reich-

[1]) Crüger a. a. O., S. 371, bei Portulacca oleracea.

licher ist die Callusbildung. Man schneidet die Stecklinge gern am Knoten, unmittelbar unter einem Auge. Wir werden später bei der Besprechung der Knospen sehen, daß hier die Parenchymmasse am meisten entwickelt ist durch Abgang der Markbrücke in die Knospe. Am Knoten ist auch häufig das gesammte Markparenchym noch lebendig und theilungsfähig, während es im übrigen Theile des Zweiggliedes schon abgestorben und theilweis zerrissen ist.

Zu bemerken ist aber, daß sich keine stets gültigen Regeln über die Art der Callusbildung geben lassen. Manchmal machen (namentlich bei krautartigen Pflanzen) die Stecklinge nur sehr geringen oder keinen Callus an der convex sich vorwölbenden, durch Kork abgeschlossenen Wundfläche, und in einem andern Falle liefern die Pflanzen bedeutende Callusmassen. Die ganz krautartigen Sommerstecklinge von Vitis, namentlich den amerikanischen Arten, liefern meist geringen Callus, manchmal aber große Massen davon. Ebenso ist es bei Rosenstecklingen, wenn dieselben in krautartig weichem Zustande von abgetriebenen Stöcken im ersten Frühjahr entnommen und in warme Sandbeete gesteckt werden. Großer Nährstoffvorrath und langsame Verwendung neigen zur Calluswucherung.

In neuerer Zeit sind wissenschaftliche Untersuchungen über die Stecklingsvermehrung wieder mehrfach aufgenommen worden. Eine bedeutende Arbeit mit eingehenden Literaturnachweisen ist die von J. Hanstein[1]), der an geringelten Stecklingen seine Studien über die Circulation der Stoffe im Pflanzenkörper anstellte. Er sah, daß solche Stecklinge mit gesondertem Holz- und Rindenkörper, welche in der Nähe ihrer Basis geringelt wurden, über der Ringelblöße Wurzeln entwickelten und nicht an der unteren Schnittfläche. Wurden Stecklinge, welche schon Wurzeln gebildet hatten, geringelt, so hörte die Weiterentwicklung dieser Wurzeln auf und es erfolgte Neubildung direkt über der Ringelblöße. Eine Ausnahme erleidet diese Regel bei allen denjenigen Pflanzen, welche entwickelte Gefäßbündel oder wenigstens ein entwickeltes Siebröhrensystem auch im Markkörper besitzen. Bei ihnen zeigen sich Wurzeln, trotz der Ringelung, an der unteren Schnittfläche des Stecklings. Unter Bestätigung dieser Ergebnisse ist nur hinzuzufügen, daß man mit reifen oder nahezu ausgereiften Achsen operiren muß, um diese Resultate zu erlangen. Wenn man ganz junge, krautartige Spitzen holziger Pflanzen verwendet, bei denen übrigens das Ringeln sehr schlecht sich sauber ausführen läßt, so entsteht aus der Schnittfläche oder in unmittelbarer Nähe derselben der neue Wurzelapparat, wobei alle Gewebe, mit Ausnahme der alten Prosenchymelemente, sich an der Callusbildung betheiligen. Der Theil über der Ringelblöße vertrocknet dann häufig. Dieselbe Erscheinung läßt sich beobachten, wenn man Stecklinge verkehrt in die Erde

---

[1]) Johannes Hanstein: Ueber die Leitung des Saftes durch die Rinde. Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Bot., Bd. II, 1860, S. 392--467.

steckt. Nur selten wachsen solche Stecklinge an und weiter fort; meist sterben sie, nachdem sie an dem in der Erde befindlichen, organisch oberen Ende Callus und wohl auch Wurzeln gebildet, von oben her bis auf eine kleine Basalpartie ab und entwickeln aus dieser neue Triebe.

Die Resultate sind insofern praktisch wichtig, als sie die Wanderung des plastischen Materials, das zu allen Neubildungen nothwendig ist, deutlich illustriren. Wir sehen, daß die Hauptwege für die bildungsfähige Substanz in dem der Rinde eingefügten Siebröhrensystem zu suchen sind. Sind solche Wege auch im Markkörper vorhanden, dann findet in demselben ebenfalls eine Wanderung der plastischen Substanz statt. Neben diesen Hauptwegen giebt es noch für den Fall der Noth bedeutungsvoll werdende Nebenwege. Es werden auch die Parenchymzellen der Rinde und des Markes plastische Materialien auf- und abwärts leiten und ebenso, wie wir bei der Neuberindung von Schälwunden wahrnehmen, die Markstrahlzellen in der Achse gelöstes Reservematerial radial transportiren können; allein die Menge, die durch diese Wege wandern kann, ist nur gering und daher unzureichend für nennenswerthe Neubildungen. Organisch aufwärts, also nach der Spitze hin, wandern die plastischen Stoffe viel schlechter, als organisch abwärts.

Wie wir aus den verkehrt gepflanzten Stecklingen sehen und auch bei absichtlich verkehrt aufgesetzten Veredlungen wahrnehmen können, ist unter günstigen Verhältnissen eine Wanderung des gesammten flüssigen Materials in der Pflanze, sowohl der rohen Bodenlösung, als auch der plastischen, organisirten Baustoffe nach allen Richtungen hin möglich. Die leichtest passirbaren Wege werden natürlich zuerst benutzt; bei dort eintretenden Hindernissen erlangen die Nebenwege eine erhöhte Bedeutung. Bei Stecklingen kann sich an jeder Wundstelle Callus bilden und dieser Callus kann chlorophyllführende Achsen und Wurzeln erzeugen. Ob thatsächlich ein solcher Fall eintritt, das hängt von den äußeren Verhältnissen und dem jeder Pflanze innewohnenden, typischen, nur schwer irritirbaren Entwicklungsgesetze ab. Viele Pflanzen machen so schnell Adventivwurzeln aus dem Internodium, daß die Callusbildung an der Schnittfläche gar nicht Zeit und Material genug erhält, um zu namhafter Entwicklung zu gelangen.

Aus der Verschiedenartigkeit der äußeren Einflüsse erklären sich auch die Widersprüche in den Resultaten der einzelnen Beobachter. So giebt Stoll[1]) an, daß bei Pogostemon Patchouli ein Callus nicht sichtbar geworden, während Hansen[2]) solchen beobachtete; auch sah Ersterer in dem Callusgewebe keine neuen Vegetationspunkte entstehen, während Letzterer dergleichen constatiren konnte u. s. w.

[1]) Ueber die Bildung des Callus bei Stecklingen. Bot. Zeit. 1874, Nr. 46 u. 47.

[2]) Ad. Hansen: Ueber Adventivbildungen. Sitzungsber. d. phys.-med. Societät zu Erlangen vom 14. Juni 1880.

Praktisch empfehlenswerth ist für die Vermehrung von Sträuchern, die Stecklinge nicht aus altem Holze zu machen, sondern aus krautartigen Trieben, die womöglich von Pflanzen entnommen sind, welche im Winter in den Glashäusern angetrieben worden sind. Auch bei Pflanzen, welche in der Regel durch Samen gezogen werden, empfiehlt es sich unter Umständen, Stecklinge zu machen. Bei Gurken und Melonen ist es bekannt, daß die Pflanzen aus vorjährigem Samen sehr üppige Laubtriebe machen, aber weniger gern reichlichen Fruchtansatz zeigen. Alte Samen mit wasserärmerem Inhalt verhalten sich dagegen, ähnlich den angewelkten Saatkartoffeln u. dgl., günstiger, indem die vegetative Thätigkeit der Pflanze gemäßigt erscheint. Stecklinge aus den Spitzen kräftiger Zweige von Pflanzen, die im Mistbeet getrieben werden und etwa im Mai schon die ersten Früchte liefern, geben bei Gurken und Melonen um diese Zeit binnen wenigen Tagen bewurzelte Pflanzen von größerer Fruchtbarkeit als die Samenpflanzen.

Noch wenig ausgenützt, obgleich bei vielen Gehölzen sehr vortheilhaft, ist die Vermehrung durch Wurzelstecklinge. Paulownia, Ailanthus, Syringa, Aralia, Mespilus, Rosa, Malus lassen sich dadurch vermehren, daß man vor dem ersten Triebe im Frühling oder vor dem zweiten Triebe im Juli stärkere Wurzeläste ablöst, in etwa 5 cm lange Stücke schneidet und reihenweis in den Boden flach hinlegt. Durch Adventivknospenbildung entstehen an verschiedenen Stellen des Wurzelstückes neue, sich durch eigne Wurzelbildung bald selbständig machende Pflanzen. Von Coniferen werden Araucaria, Podocarpus und Gingko als durch Wurzelstecklinge vortheilhaft vermehrbar angeführt, namentlich wenn sie in ein warmes Beet gesteckt werden. Stärkere Wurzelstücke vertragen es auch, wenn sie der Länge nach gespalten werden; jede Hälfte entwickelt dann Adventivknospen.

Einzelne Gehölze lassen sich auch durch Auslegen von Augen vermehren (Vitis, Paeonia arborea). Die Augen werden im Frühjahr aus dem alten Holze derart ausgeschnitten, als wenn man lange Oculationsaugen mit Holz schneiden wollte und diese Augenstecklinge flach auf die Erdoberfläche in Töpfen niedergelegt. Es ist aber erforderlich, daß ein schnelles Wachsthum durch Bodenwärme angeregt werde.

Man kann ferner auch von Knollenstecklingen sprechen, da ein Verfahren existirt, die Pflanzen dadurch zu vermehren, daß man aus fleischigen Knollen die Augen mit einer Parthie reservestoffhaltigen Knollengewebes ausbohrt (Kartoffeln, Caladien). Meist bildet das ausgeschnittene Knollenstück an seiner freien Wundfläche auf Kosten der Stärke Kork und reservirt die übrigen Reservestoffe für die erste Ernährung der Augen, welche durch Entwicklung von Adventivwurzeln sich bald selbständig zu machen suchen. Im Anschluß hieran ist das Zerschneiden der Saatkartoffeln zu besprechen. Die Praxis beobachtet in der Regel die Vorsicht, die Stücke der Knollen nicht gleich nach

dem Zerschneiden der Erde zu übergeben. Diese Vorsicht ist ganz gerechtfertigt, da bei dem Legen der frischen Stücke ein Faulen derselben leicht eintritt, sobald auf schwerem Boden nur einigermaßen viel Feuchtigkeit vorhanden ist. Läßt man die zerschnittenen Stücke dagegen einige Tage in der Luft, so bilden sich an den Schnittflächen Korklagen aus, welche das Knollenstück schützen. Wenn man die Knollen zu früh vor dem Austreiben schneidet, kommt bei einzelnen Sorten der Fall vor, daß die Stücke lange Zeit in der Erde scheinbar unverändert bleiben, ohne daß die Augen aber austreiben. Bei zarten Sorten empfiehlt es sich daher, die Knollen vor der Saat an einem hellen, warmen Orte auszubreiten, bis die Augen sich zu strecken beginnen, und dann erst das Zerschneiden vorzunehmen.

Blattstecklinge.

Die eingehendsten, wissenschaftlichen Beobachtungen liegen über Blattstecklinge vor. Aus Blattstielen und Blattstücken können Knospen und Wurzeln hervorkommen. Nicht immer läßt sich nach dem Entstehen von Wurzeln eine Knospenbildung constatiren. Manche, namentlich hartlaubige Blätter erzeugen ohne wesentliche Schwierigkeit manchmal Adventivwurzeln und bleiben monatelang vollkommen frisch, ohne jedoch Knospen zu entwickeln. Es ist mit Sicherheit anzunehmen, daß, wenn durch große Vorsicht diese Blätter genügend lange Zeit am Leben erhalten würden, sie endlich doch auch Blattsprossen bilden würden; allein vorläufig fehlt die Beobachtung.

Die bekannteste und am meisten angewandte Vermehrung durch Blätter ist die bei den Begonien und mit diesen hat sich auch der Anatom beschäftigt. Bei der in den verschiedensten Spielarten vorhandenen Begonia Rex erscheinen nach Hansen[1]) die mittelst Durchschneidung der Nerven am horizontal auf die Erde gelegten Blatte entstandenen Wunden alsbald durch Callus geschlossen. Es entsteht auf diese Weise ein knolliges Gewebe am Mutterblatt, aus welchem die Wurzeln zuerst hervorbrechen; später bilden sich auf diesem Gewebe auch die Sprossen aus, die aber keine eigenen Wurzeln bilden, sondern durch die vorgenannten des Ueberwallungswulstes weiter ernährt werden. Diese Sprossen entstehen aus einer oder wenigen Zellen der Epidermis des durchschnittenen Blattnerven bald nahe, bald ferner von der Verwundungsstelle. In solchen Zellen (welche manchmal schon ein nun absterbendes Haar gebildet haben) entsteht zunächst eine horizontale Scheidewand und allmählich durch weitere Theilung das Meristem des jungen Sprosses, aus dem sich ein Wulst als erstes Blatt differenzirt.

Die Wurzeln bilden sich seitlich aus wenigen Zellen, welche neben der cambialen Zone der Gefäßbündel liegen. Diese somit „endogen" angelegten Wur-

---

[1]) Ad. Hansen: Vorläufige Mittheilung. Flora 1879, S. 254.

zeln durchbrechen in kurzer Zeit das vor ihnen liegende Gewebe. Bei den Zweigstecklingen der Begonien können die Wurzeln auch aus dem Interfascicular-cambium hervorgehen, wie Fr. Regel[1]) angiebt. Dieser Autor, der außer B. Rex mehrere andere Begonien mit rhizomartigem, niederliegendem Stengel, wie z. B. noch B. imperialis und xanthina untersucht hat, erwähnt, daß auf der Blattspreite an eingeschnittenen Stellen die Bildung von Knospen ebenso stattfindet. Nachdem die Epidermiszellen sich getheilt, wird auch das darunter liegende Collenchym und das Grundgewebe in die Neubildung hineingezogen und diese helfen den über das Blatt an der eingeschnittenen Stelle entstehenden Hügel von Vernarbungsgewebe bilden, welches sich von dem der Zweigstecklinge nur dadurch unterscheidet, daß hier die Epidermis sich an der Zellvermehrung betheiligt.

Diese Epidermisthätigkeit ist gleich in der ersten Zeit nach dem Einschnitt in das Blatt von ganz besonders bemerkenswerther, physiologischer Wichtigkeit, indem sich in der Nähe der Wundstelle solche Oberhautzellen haarartig strecken (Pseudo-Wurzelhaare) und zweifelsohne eine wurzelähnliche Thätigkeit entwickeln, bis ächte Wurzeln sich gebildet haben.

Nach den mehrseitigen Beobachtungen, welche über Blattstecklinge bereits vorliegen, ist die Annahme gerechtfertigt, daß die oben bei Begonia beschriebenen Vorgänge sich bei vielen Blattstecklingen vorfinden. Aus mehr oder weniger oberflächlich gelegenen Zellen entwickeln sich die Laubsprossen; aus den der Cambialzone angrenzenden Zellen entstehen die Anlagen der Wurzeln, welche entweder das alte Gewebe des Stecklings durchbrechen oder aus dem Wundenvernarbungsgewebe hervorkommen. Die Unterschiede bei den einzelnen Gattungen sind meist unwesentlicher Natur, und die Meinungsverschiedenheiten der einzelnen Autoren erklären sich oft daraus, daß dieselbe Pflanzenspezies unter verschiedenen Verhältnissen und in verschiedenem Alter, bei verschiedenen Exemplaren nicht immer genau dieselben Vorgänge zeigt. Aus den Untersuchungen von Beinling[2]) ist beispielsweise zu entnehmen, daß die Gattung Peperomia keinen Callus bildet, sondern die Schnittfläche durch Wundkork abschließt. Er sah übrigens die Knospen aus dem Grundparenchym des Blattstieles oder der Spreite, nicht aus der Epidermis und immer unabhängig vom Gefäßbündel entsteben. Dagegen beschreibt Hansen[3]) bei Achimenes und Peperomia aus-

---

[1]) Fr. Regel: Die Vermehrung der Begoniaceen aus ihren Blättern u. s. w. Jena'ische Zeitschr. f. Naturwiss. 1876, p. 477, cit. Bot. Jahresb. 1876, S. 423, 439, 452 u. s. w.

[2]) E. Beinling: Untersuchungen über die Entstehung der adventiven Wurzeln und Laubknospen an Blattstecklingen von Peperomia. Inauguraldissertation. Breslau 1878, S. 23.

[3]) Ad. Hansen: Ueber Adventivbildungen. Sitzungsber. d. phys.-med. Soc. zu Erlangen vom 14. Juni 1880, cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 1001.

führlich die Vorgänge der Wurzel- und Sproßbildung aus dem Callus. Hier entstehen nur die ersten adventiven Wurzeln aus den bereits vorhandenen Gewebeelementen. Nachdem das Callusgewebe einige Zeit hindurch sich vermehrt hat, zeigen sich im Innern desselben zahlreiche, procambiale Stränge, die nach allen Richtungen gegen die Oberfläche hinstreichen und deren Zellen sich bald zu Tracheen umbilden, so daß der „Callus“ [1]) mit einem verzweigten System von Leitbündeln versehen wird. Bald darauf erscheinen peripherische Zellen dieses Gewebes reich mit Protoplasma angefüllt, theilen sich und erzeugen ein Meristem, das sich wie bei den normalen Vegetationspunkten gliedert und namentlich deutlich bald eine Epidermis erkennen läßt.

Bei den Blattstecklingen der Monocotylen sind die Vorgänge der Knospenbildung wie bei den Dicotylen. Magnus [2]) beschreibt Blattstecklinge von Hyacinthen. Aus der Bauchseite bilden sich an der Schnittfläche zahlreiche Adventivknospen, die, falls das Blattstück noch jung war, aus einer Epidermiszelle, oder bei älteren Blattstücken aus dem darunterliegenden Parenchym entstehen. Aus den sich theilenden Gewebezellen entstehen zunächst zarte Gewebehöcker, die mit divergirenden, dichotom sich theilenden Zellreihen am Scheitel weiter wachsen (also wirklicher Callus). An weiter entwickelten Höckern tritt ein ringförmiger Wall auf, der zum ersten scheidenförmigen Blatte der Adventivknospe auswächst, während der eingeschlossene Scheitel derselben noch das Wachsthum mit divergirenden Zellreihen zeigt. (Wie sich später ein normaler Scheitel mit Dermatogen und Periblem herausbildet, ist hier noch nicht untersucht.) Auch an den Zwiebelschalen von Lilium tigrinum und auratum bilden sich die Knospen am äußersten Rande der Innenseite; die auf der Außenseite aus dem Bastkörper der Gefäßbündel entspringenden Würzelchen leben nur kurze Zeit, da die junge Pflanze alsbald selbständig Wurzeln macht.

Die Vorgänge der Knospenbildung an den Blattstecklingen unterscheiden sich auch nicht wesentlich von der freiwilligen Entstehung von Knospen auf

---

[1]) Es bietet sich hier die Gelegenheit, darauf aufmerksam zu machen, daß die Autoren zwei verschiedene Zustände mit dem Namen „Callus“ bezeichnen.

Callus wird dasjenige Gewebe genannt, das aus den ersten Zelltheilungen hervorgeht, eine Zeit lang reihenweise Anordnung besitzt, namentlich an der Spitze der Zellreihen fortwächst und ohne alle Differenzirung ist.

Zweitens verstehen darunter die Autoren nach dem Gebrauche in der Praxis aber auch das aus dem Callus durch Entstehung einer Korkzone, Anlage innerer Meristemheerde und Ausscheidung eines Grundgewebes differenzirte Gebilde, das schon dem Gewebetheil ähnlich geworden, aus dessen Wunde es entstanden ist. Von diesen Dauerzuständen sind aber die durch Spitzenwachsthum ausgezeichneten Jugendzustände zu trennen, und ich schlage deßhalb die Bezeichnung „Callus“ nur für diese Erstlingsbildungen vor, während die späteren Zustände als „Vernarbungsgewebe“ angeführt werden können.

[2]) Magnus: Hyacinthenblätter als Stecklinge. Sitzungsberichte d. Ges. naturf. Freunde vom 16. Juli 1878, cit. Bot. Zeit. 1878, S. 765.

unverletzten, an der Pflanze befindlichen Blättern. Beispiele hierfür sind zahlreich bekannt und neuerdings auch wieder studirt worden;[1]) sie sind bei Moosen und Farnen,[2]) bei Lilien und andern Monocotylen, am zahlreichsten bei Dicotyledonen, beobachtet worden. Für Letztere namentlich stellte Beyerinck als Gesetz auf, daß die Gefäßbündel des Blattes einen Einfluß auf die Anlage der adventiven Organe haben. Da, wo der Holztheil der Gefäßbündel nach der Blattoberseite gekehrt ist, finden sich die Adventivknospen immer auf dieser Oberseite; sie stehen in den Achseln der Nerven und sind meist um so stärker entwickelt, je dicker die Gefäßbündel sind. Die Wurzeln entspringen aus der Bastseite der Gefäßbündel.

Regel[3]) giebt eine Aufzählung der Pflanzen, an denen blattbürtige Knospen beobachtet worden sind. Da die Knospen nach ihrer sorgfältigen Ablösung eigne Wurzeln machen und deßhalb für die gärtnerische Vermehrung von Wichtigkeit sind, mögen die Pflanzen hier genannt werden. Außer dem bekannten, von Berge[4]) studirten Bryophyllum calycinum, dessen Einschnitte zwischen zwei Kerbzähnen der Blätter ein meristematisches Gewebe schon in ganz jungem Zustande besitzen und aus diesem Meristem alsbald Knospen entwickeln, sind noch folgende Arten bemerkenswerth: Hyancinthus Pauzolsii, Fritillaria imperialis, Atherurus ternatus, Ornithogalum thyrsoides, Drimia, Malaxis, Cardamine, Nasturtium, Tellima, Brassica oleracea, Ranunculus bulbosus, Chelidonium majus, Levisticum offic., Siegesbeckia, Utricularia, Calauchoe, Begonia quadricolor, phyllomaniaca.[5]) Hansen[6]) nennt noch Hippuris, Elodea canadensis und andere Wasser- und Sumpfpflanzen. Caspary[7]) erwähnt Nymphaea micrantha und deren Bastarde. Letzterer Autor führt auch Beispiele auf, bei denen sich statt des Blattapparates eine Blüthe entwickelte. So war der Blattstiel einer Gurke (Cucumis sativus) auf seiner Oberseite mit mehr als 120 männlichen Blumen bedeckt, ohne daß sich ein vegetatives Blatt gezeigt hätte.

---

[1]) Beyerinck, M. W.: Over het ontstaan van Knoppen en wortels uit bladen. Nederl. Kruidkund. Archief. Serie II, Deel III, S. 438—493, cit. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 17, S. 112.

[2]) Farlow: Bot. Zeit 1874, S. 180.

Cramer: Geschlechtslose Vermehrung des Farnprothalliums, namentlich durch Gemmen resp. Conidien. Denkschr. d. Schweiz. Naturf.-Ges. XXVIII, 1880.

[3]) a. a. O., S. 452.

[4]) Beiträge zur Entwicklungsgeschichte von Bryophyllum calycinum. Zürich 1877, cit. Bot. Jahresbericht 1876, S. 423.

[5]) s. Mohl: Ueber die Cambiumschicht des Stammes der Phanerogamen und ihr Verhältniß zum Dickenwachsthum desselben. Bot. Zeit. 1858, S. 196.

[6]) a. a. O., S. 1002.

[7]) Caspary: Blüthensprosse auf Blättern. Schriften d. phys.-öconom. Gesellsch. XV, 1874, S. 99.

Es giebt noch eine größere Anzahl von Pflanzen, welche Adventivknospen auf Blättern oder Stengeln entwickeln, die (oft in Zwiebelform) ruhend auf der Mutterpflanze verbleiben und nach der Ablösung sich zur neuen Pflanze heranbilden, also ganz geeignetes Vermehrungsmaterial abgeben. Sollte es im praktischen Interesse liegen, von dieser Vermehrung Gebrauch zu machen, so empfiehlt es sich, bei solchen Pflanzen durch Aufstellen an schattigen Standorten die normale Blüthenbildung zu verhindern; das für diese bestimmte Nährmaterial wird dann zur Knospenbildung verwendet.

Daß Früchte, Blüthenstiele und Cotyledonen Wurzeln bilden können und unter günstigen Umständen auch Knospen produziren, ist früher bereits erwähnt worden. Wir sehen also, daß kein Glied des Pflanzenkörpers existirt, welches nicht unter bestimmten, vortheilhaften Verhältnissen zur Hervorbringung neuer Individuen benutzt werden könnte, und für die praktische Pflanzenvermehrung möchte ich ohne Bedenken den Satz aussprechen, daß jede jugendliche Parenchymgruppe, gleichviel welchem Pflanzengliede sie angehören mag, die Fähigkeit besitzt, zur neuen Pflanze sich zu entwickeln, falls es gelingt, sie lange genug unter Verhältnissen gesund zu erhalten, welche der Zellvermehrung günstig sind. Beschränkte Lichtzufuhr, genügende Reservestoffe, erhöhte Bodenwärme, feuchte Luft sind die wesentlichsten Faktoren zur Stecklingsvermehrung.

Es bleibt am Schlusse des Capitels noch übrig, darauf aufmerksam zu machen, daß die Stecklingsvermehrung zur Bildung neuer Varietäten vielfach Verwendung findet. Viele teratologische und pathologische Zustände, die an einzelnen Theilen einer Pflanze vorübergehend auftreten, werden durch Stecklinge fixirt. Eine Menge buntblättriger Pflanzen, Varietäten mit gefüllten Blumen u. dgl., welche ursprünglich an einzelnen Zweigen einer Pflanze sich gezeigt, sind dauernd durch Stecklinge der Kultur erhalten geblieben. Vorübergehende, im Habitus abweichende Jugendzustände bei Coniferen sind durch Stecklinge weiter vermehrt und als neue Formen oder Arten dem Handel übergeben worden. Einige auffallende Beispiele dieser Art bilden beachtenswerthe Winke für weitere Versuche auf diesem Wege. Nach Beißner[1]) muß man, um Chamaecyparis squarrosa aus Stecklingen von Biota orientalis zu erlangen, nur die kleinen Zweigachsen mit kreuzständigen Blättern, welche sich dicht über den Cotyledonen befinden, benützen. Die Mehrzahl dieser Zweigchen giebt stets Biota meldensis, bei deutlichem, schuppenförmigen Stande der Blätter Biota orientalis. Ebenso geben Stecklinge aus Erstlingstrieben von Callitris quadrivalvis eine neue Form. Der fixirte jugendliche Zustand von Cupressus sempervirens dürfte in C. Bregeoni zu finden sein; aus C. Lawsoni geben die Erstlingstriebe eine Form mit abstehenden Blättern. Retinospora ericoides

---

[1]) Beißner: Ueber Formveränderung von Coniferensämlingen. Regel's Gartenflora 1879, S. 172, cit. Bot. Jahresber. 1879, II, S. 2.

Zucc. wurde von Chamaecyparis sphaeroidea var., Andalyensis und Chamaecyparis squarrosa (Veitch) Sieb. und Zucc. wurde von Chamaecyparis pisifera plumosa gewonnen.

Bekannt ist die Verschiedenartigkeit der Pflanzen, die man bei Epheu erhält, je nachdem die Stecklinge von einem blüthenlosen oder blüthentragenden Zweige entnommen werden. Abgesehen von der oft einfacheren Blattform der Letzteren, die sich auf Stecklingspflanzen gern überträgt, sehen wir auch den Habitus bei diesen zwergartiger und buschiger.

5. Veredlung.

(Hierzu Taf. XIV).

Die Veredlung besteht in der künstlichen Ablösung einer oder mehrerer Knospen und deren Einfügung in einen lebenden Pflanzentheil behufs weiterer Ernährung und Ausbildung. Die ineinander gefügten Theile werden durch ein Band festgehalten und durch Baumwachs vor den störenden Eingriffen der Atmosphärilien meist geschützt. Der übertragene Theil kann im Allgemeinen als „Edelreis" bezeichnet werden, während der ernährende Stamm als „Unterlage" angesprochen wird. Das neu entstehende, theils von der Unterlage, theils vom Edelreis gelieferte Gewebe, welches die Verkittung der beiden künstlich verbundenen Glieder bewirkt, wird „Kittschicht", oder nach Göppert, „intermediäres Gewebe" genannt. Das Edelreis ist entweder ein einziges, mit einem Theil der umgebenden Rinde abgelöstes Auge oder ein Zweigtheil mit mehreren Augen. Je nach dem Kulturzweck kann das Edelreis an die Stelle seiner Ablösung oder an eine andere Stelle desselben Individuums oder (was am häufigsten) auf ein anderes Individuum gebracht werden. Im ersteren Falle wird nur die Wirkung der Verwundung allein in Betracht kommen, im letzteren Falle wird auch der Einfluß der im Charakter verschiedenen Unterlage auf das Edelreis zu berücksichtigen sein.

Es gehört nicht in den Rahmen der Krankheiten, die technischen Vorschriften zu besprechen, welche die richtige Auswahl der passenden Veredlungsarten für die einzelnen Pflanzenspezies betreffs möglichst vollkommener Erreichung des von der Kultur angestrebten Zweckes behandeln. Wohl aber gehört hierher die Betrachtung der Zustände, welche durch den Veredlungsprozeß für den Gesundheitszustand geschaffen werden. Das Veredeln wird zunächst als Wundheilungsprozeß zu betrachten sein; in zweiter Linie wird der befördernde oder hemmende Einfluß in's Auge gefaßt werden müssen, der aus einer gegenseitigen Einwirkung der beiden künstlich aneinander gefügten Pflanzentheile etwa entspringen könnte.

Unter den diese Punkte eingehend behandelnden Autoren ist zunächst

Göppert[1]) zu nennen, der durch anatomische Studien und Abbildungen der Frage näher getreten ist. Eine sich an diese Arbeit anknüpfende z. Th. bestätigende, z. Th. berichtigende Notiz hat Verf. im folgenden Jahre veröffentlicht.[2]) Von den früheren Physiologen sind die Angaben von Hanstein[3]), von de Candolle[4]) und von Treviranus[5]) besonders beachtenswerth. Eine systematische Bearbeitung aller nur möglichen Variationen des Veredlungsverfahrens lieferte Thouin[6]), der sich auf Duhamel[7]), La Quintinye[8]), Rozier[9]), Cabanis[10]) und die älteren Gartenschriftsteller stützt und durch reiche Literaturangaben das Studium der Geschichte der Veredlungskunst ungemein erleichtert.

Von den 120 verschiedenen Varietäten, die Thouin in seinem Buche beschreibt, mit besonderen Namen belegt und meistens auch abbildet, haben sich nur einige wenige einer allgemeinen Verbreitung zu erfreuen. Alle die jetzt üblichen Arten der Veredlung werden vom pathologischen Standpunkte aus am besten in ihrer Werthigkeit nach dem Grade der Verwundung abgeschätzt werden, den die Unterlage erleidet und nach der größeren oder geringeren Leichtigkeit, mit welcher die Wunden geheilt werden können. Unter sonst gleichen Umständen wird der Erfolg der Manipulation um so sicherer sein, je schneller das Gewebe des Edelreises mit dem der Unterlage in feste Verbindung tritt und da diese Verbindung durch das neu entstehende Vernarbungsgewebe der Wunde hervorgebracht wird, so wird die Schnelligkeit des Wundschlusses den Maßstab für die Verwerthbarkeit der Veredlungsart hauptsächlich, wenn auch nicht ausschließlich abgeben können.

Die bei den Veredlungen überhaupt möglichen Verwachsungserscheinungen lassen sich auf die Heilungsvorgänge von drei Wundklassen zurückführen, die ich Schälwunden, Flachwunden und Spaltwunden genannt habe.

Als Schälwunden sind (wie aus den früheren Capiteln ersichtlich) diejenigen Verletzungen bezeichnet worden, welche in einem vollständigen Entfernen des Rindenkörpers bestehen, so daß der Holzkörper bloßgelegt wird, ohne daß derselbe aber einen Substanzverlust erleidet. Die Veredlungsarten, bei welchen

---

1) Göppert: Ueber innere Vorgänge bei dem Veredeln der Bäume und Sträucher. Cassel 1874.

2) Sorauer: Vorläufige Notiz über Veredlung. Bot. Zeit. 1875, S. 201.

3) Hanstein, Dr. J.: Das Reproduktions-Vermögen der Pflanzen in Bezug auf ihre Vermehrung und Veredlung. Wiegandt's Volks- und Gartenkalender 1865, S. 100.

4) De Candolle: Physiologie vegetale II.

5) Treviranus: Physiologie der Gewächse 1838, II, S. 647.

6) Thouin: Monographie des Pfropfens, übers. v. Berg 1824.

7) Duhamel: Physique des arbres 1758, II, S. 65.

8) De la Quintinye: Le parfait jardinier. Paris 1695.

9) Rozier: Cours complet d'Agriculture, t. V, S. 346.

10) Cabanis: Principes de la Greffe, p. 105.

die Schälwunden den hauptsächlichsten Theil der Verwundung bilden, gehören zu dem Typus der Oculation. Hier wird zur Zeit größter, cambialer Thätigkeit die Rinde auf eine gewisse Strecke von dem Holzkörper der Unterlage abgehoben und auf die entblößte Holzstelle das Edelreis eingeschoben. Letzteres besteht entweder aus einem einfachen Auge mit einem Rindenschildchen (Oculiren mit Rinde), oder aus einem Auge, das mit etwas Holz aus dem Mutterzweige herausgeschnitten war (Oculiren mit Holz), oder aus einem vollständigen Zweigstücke, das in verschiedener Weise zugeschnitten werden kann und unter die Rinde des Wildlings mit der Schnittfläche auf den Holzcylinder geschoben wird (Rindenpfropfen).

Unter der Bezeichnung „Flachwunde“ sind alle diejenigen Verletzungen zusammengefaßt, bei welchen neben gänzlicher Entfernung eines Theiles von Rinde auch vom Holzkörper ein Stück weggenommen wird. Je nachdem die Wundfläche durch einen Längs- oder Querschnitt entstanden, präsentirt sich und verhält sich die Flachwunde verschieden. Wenn ein Span der Länge nach von der Achse abgeschnitten worden, liegen die Elemente des Holzkörpers in ihrer Längenausdehnung frei zu Tage. Im Verhältniß zu der Menge der Zellelemente, welche die ganze Achse zusammensetzen, sind weniger Elemente geschädigt, aber diese allerdings intensiver als wie bei einem Querschnitt, der sämmtliche Zellelemente in der ganzen Breite der Achse trifft. In beiden Fällen ist zwar die Wunde insofern gleich, als ihre Hauptfläche aus alten Holzelementen gebildet wird, an deren Peripherie sich die schmale Cambiumzone hinzieht, von der aus die Ueberwallung erfolgen muß, aber gegenüber den atmosphärischen Niederschlägen verhalten sich die Wunden sehr verschieden. Wenn ein Stamm der Länge nach angeschnitten wird, so läuft das Regenwasser von dieser Längsflachwunde mit Leichtigkeit ab, wogegen es auf einem Stammquerschnitt in kleinen Mulden meist sich ansammelt und viel leichter die Fäulniß des Holzkörpers einleiten kann. Die horizontale Flachwunde ist immer viel gefährlicher für die Achse, als die vertikal verlaufende. An Stelle der Horizontalwunden werden daher im praktischen Betriebe meist Diagonalverwundungen ausgeführt.

Die Veredlungsarten, bei denen die Flachwunden hauptsächlich oder ausschließlich in's Spiel kommen, gehören zum Typus der „Copulation“. Die einfachste Form derselben besteht in dem Aufpassen eines Edelzweiges von gleicher Stärke mit der Unterlage auf deren diagonale, durch das schräge Abschneiden des Gipfels entstandene Schnittfläche. Am nächsten verwandt damit ist das einfache und doppelte Sattelschäften. Man kann auch Edelreis und Wildling durch wirklich longitudinale Flachwunden mit einander verbinden, indem der Wildling nur an einer Stelle seitlich angeschnitten wird, ohne seinen Gipfel zu verlieren. Das Edelreis bleibt entweder an seiner Mutterpflanze und wird ebenfalls nur seitlich angeschnitten (Ablaktiren) oder es wird in

Form eines abgeschnittenen Zweigstückes, wie bei den andern Veredlungsarten, durch seitliches Anschneiden passend zum Anlegen an den Wildling gemacht. Damit das Edelreis in seiner seitlichen Lage fester sitze, wird es kurz keilförmig zugespitzt und mit diesem Ende in eine Spalte am Grunde der Flachwunde eingezwängt. Bei manchen Pflanzen (Camellien) schneidet man nicht selten das Edelreis überhaupt nur kurz keilförmig und zwängt den Keil in eine seitliche, durch einen kurzen, schräg abwärts in das Holz geführten Schnitt entstandene Spalte der Unterlage (Einspitzen). Bei dem Mißlingen der Veredlung ist die Unterlage dann am meisten geschont und kann in kurzer Zeit zu neuer Veredlung benutzt werden.

Diejenige Verletzung, bei welcher der Stamm am meisten leidet, ist die Spaltwunde; hier wird der Holzkörper in radialer Richtung auseinander gesprengt. Eine solche radiale Zerklüftung ist darum so gefährlich, weil die beiden Seiten der Wunde aus altem Holze gebildet werden, das zu Neubildungen unfähig ist. Wenn ein derartiger Spalt klaffend bleibt, so kann er nur dadurch ausgefüllt werden, daß von der Cambiumzone aus an der Peripherie des Spaltes sich das Gewebe des Ueberwallungsrandes in den Spalt hineinzwängt. Die Veredlungsart mit solchen Wunden ist das Spaltpfropfen, das in Deutschland wohl zuerst ausgeübt worden ist, jetzt aber nur noch für einzelne, spezielle Fälle der Verjüngung älterer Stämme in Anwendung gebracht wird. Das Spaltpfropfen besteht in einem Einschieben eines von 2 Seiten keilförmig zugeschnittenen Edelreises in den entweder durch Klüftung oder durch Ausschneiden eines Holzkeiles entstandenen Spalt des quer abgeschnittenen Wildlings.

Bei Betrachtung der Heilungsvorgänge, also des Verwachsungsprozesses bei den verschiedenen Veredlungsarten ist zunächst zu unterscheiden, ob eine Veredlung durch krautartige oder ausgereifte, mit fertigem starkem Holzkörper versehene Zweige ausgeführt wird. Im ersteren Falle nehmen häufig an der Bildung der „Kittschicht“ mehr Gewebe theil, als im letzteren Falle, bei welchem es sich vorzugsweise um eine von der Cambiumzone ausgehende Gewebemasse handelt, welche sich in die Zwischenräume zwischen Edelreis und Wildling hineinzwängen muß oder, bildlich genommen, die Fugen zwischen den beiden aneinanderliegenden Theilen ausgießen muß.

Oculation.

Die interessantesten Verwachsungsvorgänge kommen bei den Oculationen vor. Auf der beigegebenen Tafel ist ein Rosenoculant dargestellt, dessen eine Hälfte (von 1 bis 2) die Wundheilungsvorgänge nach 6 Tagen und die andere Hälfte (von 2 bis 3) die Gewebebildungen nach ungefähr 4 Wochen zeigt. Der vorliegende Querschnitt durch die Veredlungsstelle läßt mit Leichtigkeit bei W den Wildling, bei E das Edelauge erkennen. Am Wildling ist hh das alte

Holz des Vorjahres, sh das diesjährige, bis zur Oculationszeit gebildete Holz. RL sind die durch den T-Schnitt abgehobenen Rindenlappen, in denen b die Hartbastzellen, t das abgestorbene Gewebe des Schnittrandes bedeuten soll.

Zur Zeit als die Rindenlappen durch das Einschieben des Auges E auseinander gespreizt wurden, war die Pflanze in großer cambialer Thätigkeit; die Abhebung der Rinde erfolgte hier im Splinte derart, daß schon die jüngsten Gefäßanlagen g und die davor liegenden Cambiumschichten c auf dem Rindenlappen verblieben. Dieser Fall ist nicht selten. Vielfach hebt sich nur der Rindenkörper ab, ja unter Umständen bleibt stückweis die ganze cambiale Region mit den jüngsten Rindenzellen auf dem Holzkörper haften. Eine Gesetzmäßigkeit ist nicht erkannt worden. Es scheint, daß die augenblicklich zarteste Parthie bei dem Abheben der Rinde reißen wird und daß die gleichnamigen Gewebe zu derselben Zeit bei denselben Varietäten sich individuell verschieden verhalten, ja daß selbst die einzelnen Stammseiten eine verschiedene Lösbarkeit der Rinde besitzen. Es sind daher die Heilungsvorgänge bei derselben Spezies und Varietät, ja selbst an derselben Veredlung in verschiedenen Höhen ungleich.

Schon nach 12 Stunden läßt sich an den Wundrändern sowohl der Rinde als des Holzkörpers eine Veränderung der peripherischen Zellschichten deutlich erkennen; die Membranen dieser Zellen haben sich entweder nur an der freiliegenden Außenseite oder am ganzen Zellumfange verdickt und gelblich gefärbt; ihr Inhalt ist voluminöser geworden. Ob dies nur durch Quellung, wie bei der Membran geschehen oder ob bereits eine Zuwanderung von Material aus dem Innern des Holzkörpers nach der Peripherie hin stattgefunden, läßt sich nicht entscheiden. Die nächsten Entwicklungsstadien differiren nun schon je nach der Lebenskräftigkeit der bloßgelegten Zellen. In der Regel sind nicht alle Stellen am entblößten Holzkörper mit vermehrungsfähigem Splinte bedeckt. Tritt nun das Splintgewebe nicht in Vermehrung, dann quellen und bräunen sich die Zellmembranen des Wundrandes immer mehr, sinken auch etwas zusammen und bilden sammt dem Inhalt einen unregelmäßigen, dicken, gelben Streifen. Diejenigen Zellgruppen, welche sich zur Vermehrung anschicken, bräunen ihre Membranen meist nur sehr schwach und fangen häufig nach sehr kurzer Zeit an, Wundcallus zu bilden. Das zartwandige, allmählich in parallelen Reihen fortwachsende Gewebe ok ist das bei den Schälwunden in seinen Wachsthumsverhältnissen besprochene Wundgewebe, das beispielsweise bei Fraxinus nach 2 Tagen einmal in einer Mächtigkeit von 16 Zellen Höhe bereits beobachtet werden konnte. Verhältnißmäßig selten ist die Lagerung des Schälcallus so regelmäßig, wie in der Zeichnung. Dadurch, daß einzelne Stellen des Holzkörpers nicht Wundcallus bilden, legen sich die benachbarten Zellreihen dieses Gewebes fächerartig auseinander und überdecken die unthätig bleibenden Stellen. Bei der Schnelligkeit dieser Callusbildung ist ein Decken der Fehlstellen und

inniges Verkitten der von verschiedenen Seiten kommenden Elemente sehr natürlich.

Die Rindenlappen gehen durchschnittlich mit der Bildung von Wundcallus weniger schnell vor; auch sind die Produkte der Neubildung verschieden. Zwar wölben sich die plasmareicheren, peripherischen Zellen auch bald nach der Operation etwas hervor k, aber treten nicht immer in Zellvermehrung oder, falls sich eine solche einstellt, ist das Produkt derselben nur Kork, welcher die Wundfläche schützen soll. Meist erst weiter nach dem inneren Winkel zu, an welchem der Rindenlappen auf dem Holzkörper festsitzt, sind die Neubildungen energischer und bis zu reichlichem Wundcallusgewebe gesteigert wk.

Die schnell gebildeten Wundcallusmassen von Rinde und Holz und ev. auch noch vom Edelreise vereinigen sich und bilden in kürzester Zeit einen vorläufigen Schluß der Veredlungswunde. Wir sagen „einen vorläufigen Schluß"; denn thatsächlich bleibt das bisher neu entstandene Gewebe meist nur kurze Zeit. Sobald nämlich das Callusgewebe eine größere Ausdehnung erlangt und einem gewissen Drucke ausgesetzt erscheint, bildet sich in ihm in einer gewissen Entfernung von der bisweilen durch Korkzellen gefestigten Peripherie eine Meristemzone, deren Ausbildung von der Weite zwischen Wildling und Edelauge abhängig ist. Bei sehr geringer Entfernung sind bisweilen nur wenige seitliche, isolirte Heerde kenntlich, bei großen Zwischenräumen und üppiger Ausbildung des Wundcallus kann man dagegen continuirliche Zonen entdecken, die manchmal nach schleifenartigem Verlauf eine Verbindung mit der mittlerweile scharf hervortretenden Cambiumzone des älter gewordenen Ueberwallungsgewebes des Rindenlappens cc,cc finden.

In dem jungen Wundcallus ist die erst später auftretende Meristemzone noch nicht gezeichnet.

Dieses Callusmeristem liefert in Gemeinschaft mit der Cambiumzone des Rindenlappens cc nun zunächst das eigentliche Kittgewebe, bestehend aus Holzparenchym in Form derbwandiger, isodiametrischer oder etwas radial gestreckter, unregelmäßig viereckiger, nicht selten mit etwas verbogenen Wandungen auftretender Zellen kg. Diese stellen die Anfänge eines unter geringem Druck sich bildenden Holzkörpers dar; sie pressen bei ihrer Vermehrung allmählich alles zartwandige, erstgebildete, den Charakter von Rindenparenchym bewahrende Gewebe wk, das den ersten Wundschluß darstellt, zusammen. Bei schleifenartiger Anlage der Meristemzone entstehen kreisförmige Figuren von Holzparenchym, welche noch braune, todte Zellnester des ursprünglichen Gewebes eingeschlossen haben. Allmählich ist zwischen 1 und 2 das ganze Gewebe wk durch Stärke speichernde Zellen vom Charakter kg verdrängt.

Das Edelreis nimmt im günstigen Falle ebenfalls am Wundschluß Theil. In der vorliegenden Zeichnung stellt es ein Auge mit Rindenschild, also ohne Holzkörper dar. Der Schnitt E ist der Querschnitt nur durch das

Rindenschildchen; die dazu gehörige Knospe, welche in der Richtung von o gedacht werden muß, liegt oberhalb der Schnittebene, in welcher nur das zum Auge führende, centrale, große Gefäßbündel gb und ein seitliches, kleineres gezeichnet sind. Das in jedem unverletzten Augenkissen vorhandene, die Zweigachse ebenfalls schräg durchsetzende, dritte, kleinere Bündel auf der andern Seite des Centralbündels ist bei dem Abheben des Rindenschildchens hier abgeschnitten worden, was für das Anwachsen des Auges unwesentlich ist. Dagegen ist das Fehlen des centralen Gefäßbündels, dessen Fortsetzung den Gefäßbündelcylinder des Edeltriebes liefern soll, gleichbedeutend mit dem Fehlschlagen der Veredlung. Das Rindenschildchen mit der schnell vertrocknenden Knospenhülse ohne Gefäßkörper kann anwachsen; es ist mir aber nicht vorgekommen, daß etwa ein übermäßig üppiges Ueberwallungsgewebe von Seite des Edelauges Adventivknospen gebildet und auf diese Weise Ersatz für das getödtete Auge geschafft hätte. Es findet zwar Adventivknospenbildung bei manchen Veredlungen statt, wie die umstehende Figur 28 einer krautartig ausgeführten Rindenpfropfung von Aesculus rubicunda auf Aesc. Hippocastanumr zeigt; aber diese Knospenbildung habe ich bisher nur auf üppigen Ueberwallungsrändern von Wildlingen gesehen. Die Rindenlappen nl haben eine derartig starke Neubildung erzeugt, daß sie dadurch flügelartig vom Edelreise abgedrängt worden sind. Auf dem Rande stehen mehrfach Adventivknospen a.

Dagegen meldet Berkeley[1]) einen Fall von einer Blutbirke, welche als Edelreis im Winter auf eine gewöhnliche Birke gesetzt worden war. Die andern Knospen des angewachsenen Reises waren zu weiteren Veredlungen benutzt und nur ein Auge der Unterlage belassen worden. An den Wundrändern des Edelreises entstanden Adventivknospen, die sich zu grünblätterigen Zweigen ausbildeten.

Bei der abgebildeten Figur, Taf. XIV, hat bereits die ganze Innenfläche des Rindenschildchens E neues Wundgewebe produzirt und zwar, je nach dem Alter der Mutterzellen bald mehr, bald weniger. Die unterhalb des Hartbaststranges b liegende Cambiumzone des Bündels hat am reichlichsten neue Zellen gebildet, wie der vorspringende Zipfel z zeigt. Die Neubildung auf der Innenseite des Schildchens trägt den Charakter des Rindengewebes und ist bereits durch reichliche Krystalle von oxalsaurem Kalk ausgezeichnet, während die Cambiumzone c, welche neue Holzelemente zu bilden beginnt, in späteren Stadien der Verwachsung in Verbindung mit der Cambiumzone cc des Rindenlappens tritt. Sobald diese Vereinigung stattgefunden, ist am ganzen Stammumfange wieder ein zusammenhängender Cambiumring gebildet, von welchem die Cambiumzone des Edelauges einen integrirenden Bestandtheil darstellt. Die Zone cc zeigt sich, wenn man sie rückwärts verfolgt, als die unmittelbare Verlängerung des cambialen Ringes bei dem unverletzten Achsentheile.

---

[1]) Change of colour in the purple Birch Gard. Chronicle 1876, I, S. 474.

Wenn der Wundschluß durch Verschmelzung der verschiedenen Wundgewebe und durch Vereinigung von deren Cambiumzonen stattgefunden, ist das dünnwandige Gewebe des Wundcallus ok fast verschwunden und durch das eigentliche Kittgewebe, in welchem sich oft Gruppen poröserer Zellen von weniger porösen unterscheiden lassen, ersetzt, wie oben bereits gesagt worden. Wie der Rindenzipfel 2—3 zeigt, entsteht das Holzparenchym, das die dauernde Verkittung übernimmt, auch direkt und zwar in den Winkeln, in welchem Rindenlappen und Holzkörper wieder zusammenstoßen, also da, wo der Zeigerstrich von kg endet. Wenn man nun sieht, daß der Rindenlappen 3 RL derart durch das Oculirmesser abgehoben worden, daß nicht nur die ganze Cambiumzone, sondern auch noch ganz junge, aber in ihrem Charakter schon bestimmte Splintelemente auf demselben sitzen geblieben sind, so erkennt man daraus, daß dieses Kittgewebe ein Produkt von schon etwas älteren (nicht mehr den jüngstgebildeten) Splintzellen ist. Es geht nicht aus Wundcallus hervor, (der sich in den inneren Winkeln nie bildet) sondern aus Theilung der schon zu Holzzellen und Gefäßen veranlagt gewesenen Zellen.

Wir haben also drei verschiedene Faktoren, welche ein gleiches Produkt, nämlich das als Kittgewebe angesprochene Holzparenchym liefern, das die Verbindung von Edelreis und Wildling übernimmt. Der erste Faktor ist der Rindenlappen des Wildlings, der zweite der Schälcallus des entblößten Holzkörpers, der dritte ist das Edelreis.

Welcher von diesen drei Faktoren bei einer anwachsenden Veredlung die Verkittung thatsächlich übernimmt, hängt von der augenblicklichen Kräftigkeit der einzelnen Faktoren ab. Die zu beobachtenden Variationen sind außerordentlich groß. Wesentlich für das Gelingen der Veredlung ist die möglichst schnelle Bildung von Wundcallus, der den vorläufigen Wundschluß übernimmt. Dauernden Halt gewinnt die Veredlung aber erst dann, wenn die Cambiumzone cc der Neuholz bildenden Rindenlappen RL, die ich anderswo „den beweglichen Wundwall genannt, mit der Cambiumzone c des Edelreises in dauernde Verbindung tritt und in zusammenhängender Schicht verbleibende Holzelemente bildet. Der bewegliche Wundwall, der durch seine schneckenförmig an der freien Seite eingebogene Cambiumzone schon den Charakter des gewöhnlichen Ueberwallungsrandes zeigt, unterscheidet sich von diesem, dem „stehenden Wundwalle“, durch die große, zwischengeschobene Zone von Holzparenchym kg, welche dem stehenden Wundwalle abgeht. Die Verschmelzungsstelle der Cambiumzonen von Wildling und Edelreis macht sich nicht nur im Verwachsungsjahre, sondern noch viele Jahre später immer kenntlich durch den Verlauf der Holzelemente. In der Verbindungslinie, welche sich also zwischen c und cc herstellt, sind die Elemente mehr oder weniger stark tangential gestreckt, während sie im Innern des Wundwalles bereits normal vertikale Lagerung angenommen haben, also durch den Querschnitt auch thatsächlich quer durch-

schnitten erscheinen hh' und so dem normalen Holze hh gleichen. In der Zone c,cc sieht man die Holzzellen und Gefäße von ihrer Längsseite. Wenn durch Herstellung dieses Verbindungsstückes die Cambiumzone c des Edelreises mit der des Wildlings cc zu einem zusammenhängenden Ringe verbunden ist, sieht man, daß dieser Ring nicht wie am unveredelten Stamme vom Centrum überall annähernd gleich weit entfernt ist, sondern daß er bei z,cc eine tiefe Einsenkung, eine S förmige Biegung zeigt. Wenn nicht secundäre Wucherungen an der Biegungsstelle eintreten, was allerdings nicht selten, dann bleibt dieser Faserverlauf für viele Jahre deutlich erkennbar. Schon das bloße Auge erkennt diese Verbindungslinie, die Demarkationslinie Göpperts, welche auch in der Rindenbekleidung auffällt.[1])

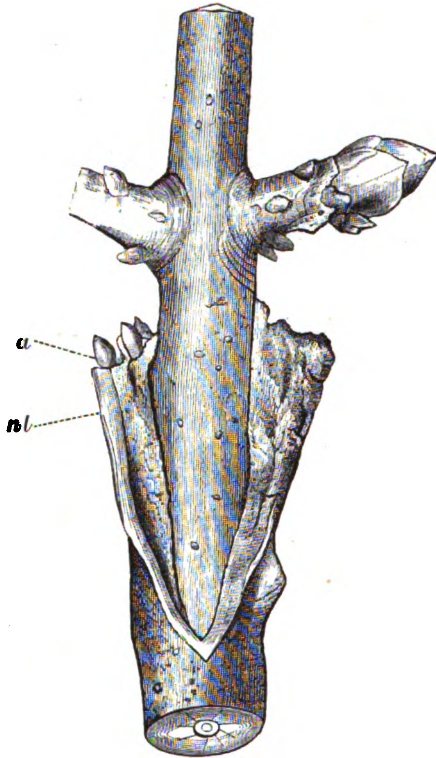
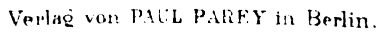


Fig. 28.

Die Heilungsvorgänge bei der zweiten üblichen Art der Oculation, bei welcher das Edelauge mit einem Stückchen daranhaftenden Holzes von dem Zweige abgeschnitten und in den Wildling eingeschoben wird, sind von den beschriebenen etwas abweichend. Die im Edelreis E zwischen z und z liegende Parthie ist nicht mehr durch fortbildungsfähiges Rindengewebe, sondern durch altes, zu Neubildungen unfähiges Holz dargestellt. In Folge dessen kann nur das aus den Cambiumrändern hervorquellende Gewebe am Verkittungs-

---

[1]) Das Abweichende der vorliegenden Untersuchungen von den bisherigen Arbeiten liegt in dem Nachweis des verschiedenartigen Ursprunges des Kittgewebes oder (nach Göppert) „intermediären Zellgewebes". Dieser Forscher glaubt die Entstehung des Gewebes, das in Gemeinschaft mit dem Cambium die Verwachsung übernimmt, aus den Markstrahlen ableiten zu müssen, während Hanstein das gesammte Kittgewebe für Produktionen des Cambiums allein hält. Thatsächlich können alle noch zu Neubildungen fähigen Elemente an der Bildung des Wundcallus und Kittgewebes sich betheiligen. Bei manchen Bäumen erhält man beispielsweise ausgezeichnete Bilder von Wundcallus, der auch theilweis aus dem Markkörper, namentlich der Markkrone hervorgeht (Tilia).



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



prozesse theilnehmen. Der Nachtheil bei dieser Veredlungsmethode ist also eine Verlangsamung der Verwachsung; der Vortheil besteht aber in einer größeren Sicherheit der Erhaltung des Edelauges. Bei dem Abplatzen des Rindenschildchens vom Holzkörper zwecks Oculation mit Rinde wird nicht selten bei zu starker Verholzung des für das Auge bestimmten Gefäßbündelcylinders der eigentliche Knospenkegel auf dem Zweige belassen. Das Auge auf dem Rindenschildchen hat dann auf der Innenseite eine Grube und treibt nicht mehr aus. Ungeübte übersehen dieses Grübchen und oculiren somit nutzlos.

Derselbe Heilungsprozeß, der bei dem Oculiren mit Holz eintritt, findet bei dem Pfropfen in die Rinde statt. Nur wird hierbei der Wildling mehr beschädigt, indem er zunächst quer abgeschnitten werden muß; dann wird die Rinde an einer Seite aufgespalten und zur Aufnahme des Edelreises wie bei der Oculation etwas abgehoben. An Stelle des einzelnen Auges tritt hier ein mehrknospiger, schräg zugeschnittener Zweig. Die schräg abwärts gehende Schnittfläche desselben bildet einfache Ueberwallungsränder, also stehende Wundwälle, die mit den beweglichen Wundwällen der Rindenlappen des Wildlings und dem Kittgewebe aus der bloßgelegten Holzfläche desselben verschmelzen. Bei dem Rindenpfropfen („Pelzen") hat der Wildling aber mehr Arbeit und weniger vorräthiges, plastisches Material, da auch der vom Edelreise nicht gedeckte Theil des Querschnittes an der Endfläche des Wildlings überwallt werden muß.

Welche Ueppigkeit der Verwachsungsvorgang bei dem Rindenpfropfen auf kräftige Wildlinge erlangen kann, mag beiliegende nach der Natur aufgenommene Zeichnung (Fig. 28) einer Veredlung von Aesculus rubicunda auf A. Hippocastanum darthun. Die Neubildungen auf der Innenseite der Rindenlappen nl des Wildlings waren wenige Wochen nach der Veredlung so stark, daß sie flügelartig vom Edelreis abstanden und an der Schnittfläche Adventivknospen a hervorbrachten.

Copulation.

Bei der Copulation werden das Edelreis am unteren Ende, die womöglich ebenso starke Unterlage am oberen Ende schief abgeschnitten. Die beiden Schnittflächen werden derart aufeinander gepaßt, daß die gleichnamigen Gewebepartien einander decken. Hier haben wir also einfach zwei Flachwunden; dieselben werden an ihrem Umfange stehende Wundwälle (gewöhnliche Ueberwallungsränder) bilden, deren modifizirtes Rindengewebe den ersten, vorläufigen Wundschluß darstellt, indem es sich zwischen Edelreis und Wildling hineinschiebt. Der Verschluß ist bei gut ausgeführter Manipulation und sehr geringem Zwischenraum zwischen den Wundflächen ein so dichter, daß selbst das Mikroskop keine Lücke zwischen dem alten Holze der Schnittflächen und dem eingepreßten Kittgewebe erkennen kann. Göppert findet, daß grade bei der Copulation dieses Kittgewebe schon im jugendlichen Zustande bald abstirbt, ohne zu ver-

schwinden, während es nach Oculiren und Pfropfen bei vollständigem Schlusse lange in organischer Thätigkeit verbleibt. Mir ist eine solche, vom Veredlungsmodus abhängige Differenz in der Lebensdauer des Kittgewebes nicht aufgefallen. Wohl bemerkt man bei älteren Veredlungen Lücken oder braune, mürbe Massen abgestorbenen Gewebes; es schien mir aber, als ob dasselbe bei allen Veredlungsarten ohne Unterschied dann aufträte, wenn der Wundschluß bei sehr dichtem Aufeinanderpassen von Edelreis und Wildling nur durch den erst entstehenden Wundcallus stattgefunden hat, ohne daß sich nachträglich in der Fuge das holzparenchymatische Kittgewebe gebildet hätte. Die Copulation darf daher wohl den Werth und die allgemeine Verwendbarkeit behalten, welche sie bisher gefunden. Die einfachste Form halte ich aber für die beste; das sog. englische Pfropfen, sowie die von Thouin angeführten Methoden (Miller, Küffner, Ferrari 2c.) halte ich für unvortheilhafte oder gar schädliche Spielereien.

Als die gefährlichste Operation ist das Spaltpfropfen zu erklären. Im gebräuchlichsten Falle wird der Wildling quer abgeschnitten und ein- oder mehrfach bis tief in das Holz hinein gespalten. Das Edelreis wird von 2 Seiten keilförmig zugeschnitten und derart in den Spalt eingeklemmt, daß die Cambiumzone desselben das Verbindungsglied zwischen den beiden durch den Spalt getrennten Theilen des Cambiumringes des Wildlings ausmacht. Das keilförmig zugespitzte Edelreis wird, falls es nicht krautartig ist, aus dem stehengebliebenen Theile seines Cambiums allein Wundwälle beiderseits hervortreiben; dasselbe geschieht an den beiden Spalträndern des Wildlings. Die verschmolzenen Kittmassen werden versuchen, den Spaltraum im alten Holze auszufüllen. Durchschnittlich gelingt dies selten vollkommen; von der Querschnittfläche des Wildlings dringt trotz des Baumkittes Feuchtigkeit in die Spaltwunde und veranlaßt leicht Wund- oder Pilzfäulniß.

Es ist am Schluß dieser Betrachtung der Wundheilungsvorgänge noch einmal zu betonen, daß das Urtheil über die Werthigkeit der Veredlungsarten sich nur auf mindestens ein Jahr alte, mit ausgebildetem Holzkörper versehene Achsen bezieht. Bei Veredlungen krautartiger Triebe von Holzpflanzen oder krautiger Pflanzen überhaupt kann die Wahl der Veredlungsmethode nach rein praktischen Gesichtspunkten stattfinden. Es nehmen hierbei meist soviel Elemente der Schnittflächen (ältere Rinden- und Holzgewebe, Markkörper) an der Bildung von Wundcallus theil, daß eine innige Verbindung unter allen dem Pflanzenkörper überhaupt zuträglichen Umständen stattfindet, vorausgesetzt, daß eine genügende Verwandtschaft zwischen Edelreis und Unterlage existirt.

Ein Einfluß des Veredlungsvorganges auf die Entwicklung des Individuums wird, ganz abgesehen von etwaigen Einwirkungen einzelner Eigenschaften der beiden veredelten Theile aufeinander, nicht abzuleugnen sein. Jedenfalls werden, wie Duhamel bereits hervorhebt, die Gewebeveränderungen an der

Veredlungsstelle eine Veränderung in der Leitungsfähigkeit veranlassen. Die Kittschicht wird sowohl in der Parthie, in welcher sie aus stärkereichem Holzparenchym besteht, als auch später, wo sie aus gewundenen Prosenchymelementen gebildet ist, eine Verlangsamung der Wasserleitung und eine leichtere Speicherung des abwärts steigenden, plastischen Materials hervorrufen. Die Folgen dieser Veränderungen sind früher bereits besprochen worden.

Die bis jetzt wenig bekannte Grenze, bis zu welcher verschiedene Individuen mit einander zu einem dauernd normal functionirenden Organismus verbunden werden können, läßt sich ungefähr dahin präcisiren, daß im Allgemeinen nur Pflanzen derselben natürlichen Familie mit Aussicht auf Erfolg aufeinander veredelt werden können. Dies würde nach den bisherigen Erfahrungen aber auch die äußerste Grenze darstellen. Es liegen Beispiele in genügender Menge vor, daß Geschlechter derselben Familie sich nicht dauernd vereinigen lassen, ja Arten desselben Geschlechtes können für einige Jahre verbunden bleiben und lösen sich schließlich doch aus dem Verbande, wobei in der Regel der Tod des einen Theiles eintritt. Es ist wahrscheinlich, daß außer der stofflichen Verwandtschaft namentlich eine gleichartige, biologische Entwicklung der zu vereinigenden Individuen nothwendig ist. So glaube ich, daß der verschiedene Eintritt und Abschluß der Vegetationsphasen (Blattbildung, Fruchtansatz 2c.) und der verschiedenartige Wasserbedarf der Individuen sehr maßgebend für die Dauer selbst solcher Veredlungen sind, die anfangs gut mit einander verwachsen. Manchmal halten sich Veredlungen viele Monate hindurch frisch, ohne daß sie mit einander überhaupt fest verwachsen. Bei krautartigen Veredlungen heterogener Arten oder Organe sieht man, daß manchmal das Edelreis weiter treibt und sich kümmerlich bis zur Blüthenbildung entwickelt, schließlich aber abstirbt. Soweit ich Einblick erlangte, war überhaupt keine Verwachsung eingetreten. Beide Theile können dabei ihr Bestes gethan haben; ihre sämmtlichen fortbildungsfähigen Gewebe können Neubildungen produzirt, ja stellenweise namhaften Wundcallus hervorgebracht haben, aber es zieht sich zwischen diesen Gewebemassen der beiden Theile ein brauner Streifen hindurch, der sofort erkennen läßt, zu welchem Individuum das fragliche Gewebe gehört. Der braune Streifen ist entweder nur durch die gequollene Wandung der äußersten Zellen gebildet und schmal oder auch durch Zusammenfallen ganzer Zellen der Wundränder verbreitert. Meist hat sich an der Grenze eine Korkschicht durch Verkorkung der Membran der peripherischen Parenchymzellen oder außerdem noch durch Erscheinen wirklicher Korkzellen eingefunden.

Auch bei Gattungen, welche schließlich thatsächlich mit einander verwachsen, wie z. B. Iresine auf Alternanthera findet man an ganzen Strecken der Veredlungsflächen ein Nebeneinanderwachsen der Kittgewebe, von denen jedes durch eine Korkschicht abgeschlossen ist.

Aehnliche Fälle ließen sich bei Wurzelveredlungen (Bignonia) nachweisen,

und bei Spaltpfröpflingen von Paeonia arborea auf fleischigen Wurzeln der Paeonia officinalis ließ sich beobachten, daß die Wurzelunterlage nur als Aufbewahrungsort für das Edelreis gedient hatte. Letzteres hatte Wurzeln gemacht, ohne irgendwo mit der Unterlage verwachsen zu sein.

Die Wurzelveredlung ist im Allgemeinen eine sehr gute Methode. Auch bei unsern Obstbäumen ist sie schon von Sickler zu Ende des vorigen Jahrhunderts geübt worden und neuerdings hat sich Seigerschmidt in Makó sehr empfehlend darüber geäußert.[1]) Wurzelstücke von der Dicke eines Federkiels bis zu der eines Daumens sind, wenn sie mit feinen Wurzeln versehen sind, geeignet; sie werden in 8—12 cm lange Stücke geschnitten, durch Copulation oder mit Geisfuß veredelt und die Veredlungsstelle mit Erde bedeckt, so daß 2—3 Augen über der Erde bleiben. Alte Kern- und Steinobststämme, welche entfernt werden müssen, geben ein sehr reichliches Material zu Unterlagen. Selbstverständlich müssen die Wurzeln sehr gesund sein. Noch mehr in Aufnahme ist bereits das Verfahren, die Rosen auf Wurzelstücke im Januar oder Februar zu veredeln; auch bei Clematis und manchen andern Holzpflanzen bürgert sich diese Veredlungsweise immer mehr ein.

Daß unter solchen Umständen von mangelhafter Verwachsung die Lebensdauer einer Veredlung eine geringe sein wird, ist von vornherein zu vermuthen. Ob aber der Veredlungsprozeß an sich die Lebensdauer einschränkt, wie Thouin und Göppert aussprechen, bleibt dahingestellt. Daß veredelte Obstbäume durchschnittlich kurzlebiger sind, als wurzelächt weiter wachsende Sämlinge, ist nicht zu leugnen. Man kann auch zugeben, daß ein Absterben der Bäume, wie Göppert beobachtet, in der Demarkationslinie durch allmähliche Verrottung der Verbindungsstellen sich einleitet; aber es ist nicht zu glauben, daß dieser Verrottungsprozeß eine reguläre Todes- oder auch nur Krankheitsursache der veredelten Bäume ist. Man sieht im Gegentheil, daß selbst schlecht verwachsene, ja anfangs blos einseitig zusammengeklebte Copulanten ganz gesunde dauerhafte Stämme geben können. Die alten Veredlungsstellen haben das festeste Holz; der Sturm dreht die Bäume an jeder andern Stelle wohl leichter ab, als grade an der Veredlungsstelle. Nur bei alten Stämmen, die später umgepfropft werden, mögen die Beobachtungen Göppert's vielleicht als Regel gelten. Den durchschnittlich früheren Tod der veredelten Stämme erkläre ich mir dadurch, daß man eben nur bessere, aber auch gleichzeitig weichere Kultursorten veredelt, die, abgesehen von den Störungen, welche sie durch den Kulturschnitt erleiden, an und für sich empfänglicher gegen Wachsthumsstörungen und atmosphärische Unbilden sind, wie die durch Samen erzogenen, fast immer mehr oder weniger der härteren Wildlingsnatur sich nähernden Exemplare.

Ueber den gegenseitigen Einfluß von Edelreis und Unterlage

---

[1]) Wiener Obst- und Gartenzeitung 1876, S. 587.

aufeinander hat die Neuzeit mehrfache Arbeiten gebracht. Die eingehendste, auf Versuche gestützte Bearbeitung dieses Gegenstandes verdanken wir Lindemuth.[1]) Aus den Versuchen dieses praktischen Beobachters ergiebt sich, daß durch Veredlung eine Anzahl Eigenschaften zwar übertragbar sind, daß aber bis jetzt keine solchen Complexe von Eigenschaften sich haben übertragen lassen, daß dadurch wirkliche Mischformen oder Hybriden durch Veredlung erzeugt worden wären. Zu den leicht übertragbaren Schwächezuständen gehören in erster Linie die Albicatio, die Weißfleckigkeit, die alle Farbennüancen vom reinen Weiß bis zum dunkelsten Gelb umfaßt. Lindemuth faßt die Weißfleckigkeit, deren Auftreten er durch intensive Lichtwirkung sehr begünstigt sah, als Zeichen entschiedener Kräftigkeit auf, was an andrer Stelle widerlegt worden ist. Die Uebertragung der Albicatio durch Veredlung eines buntblättrigen Reises auf die bisher grün gewesene Unterlage hat man, wie der Verfasser aus Göppert's Notizen ersehen, schon vor mehr als hundert Jahren beobachtet; systematisch durchgeführte Versuche aber sind von Lindemuth zum ersten Male geliefert worden. Er verwendete als Edelreis Abutilon Thompsoni, der nach Regel eine buntblättrige Form von Ab. striatum Dicks. ist und gewann dadurch bunte Formen von folgenden Unterlagen: Abutilon striatum Dicks., megapotamicum St. Hil. (vexilarium Morr.), venosum Hook., insigne Planchon, Sellowianum Reg. etc. Es fand nur bei der Gattung Abutilon und einer von Schweinfurth stammenden, noch unbestimmten Malvaceenspezies ein Einfluß des Edelreises statt, während die Gattungen Malva, Malvaviscus, Hibiscus und Lebretonia, die zu Unterlagen noch Verwendung fanden, unbeeinflußt blieben.

Treviranus erwähnt ebensolcher Einwirkung auf den Wildling bei buntblättrigen Edelreisern von Jasminum und Passiflora. Letzterer Fall ist in neuester Zeit wiederum von Lemoine in Nancy beobachtet worden. Derselbe sah auch das grüne Edelreis durch buntblättrige Unterlage bunt werden.[2])

Obschon eine weißblättrige Unterlage auch, wie bisweilen angegeben wird, einen Einfluß auf das Edelreis übt, wirkt doch ein grüner Zweig weder als Unterlage, noch als Edelreis umstimmend auf einen weißblättrigen Zweig ein. Von Darwin und Reuter werden Beispiele angeführt, die einen auf die Färbung sich geltend machenden Einfluß rothblättriger Zweige (von Bluthaselnuß und Blutbuche) auf die Unterlage darthun.

---

[1]) Lindemuth: Ueber sogenannte Pfropfhybriden zwischen verschiedenen Kartoffelsorten. Sitzungsber. d. niederrhein. Ges. in Bonn. Sitzung v. 12. März 1877, cit. Bot. Zeit. 1878, S. 238.

Lindemuth: Vegetative Bastarderzeugung durch Impfung. Berlin, Parey 1878. Landwirthsch. Jahrb. 1878, Heft 6.

[2]) Variegation in the leaves of the Stock. Gard. Chronicle, 16. Jan. 1875, S. 81.

Es sind auch Fälle in der Literatur angeführt, welche von einer Aenderung der Blüthe der Unterlage durch das Edelreis sprechen. So erzählt Hales in sein Statikal Essais (t. Duhamel l. c. II, p. 98), daß bei Veredlung von gelbblüthigem Jasminum auf weißblüthigen die Unterlage bisweilen gelbe Blüthen produzire.

Betreffs der Einwirkung des Mutterstammes auf das Edelreis liegen seit langer Zeit die Erfahrungen der Praktiker vor, daß Aepfel, auf Johannisholz (Paradiesapfel) gesetzt, sehr niedrig bleiben und bisweilen schon in dem auf die Veredlung folgenden Jahre fruktifiziren. Auf dem Splittapfel werden die Formen schon größer; die Fruchtbarkeit tritt nach wenigen Jahren ein, während das Edelreis auf einer Unterlage von P. Malus die richtige Baumform erreicht, aber erst nach einer längeren Reihe von Jahren die Fruchtbarkeit erlangt; bei Birnen bilden die Quitte und der feuchten Boden liebende Weißdorn die Zwergunterlage.

Für rauhe und trockne Lagen ist neuerdings Pirus Malus prunifolia major neben P. M. baccata cerasiformis, dem Kirschapfel (Paradiesapfel) als Unterlage für Aepfel empfohlen worden.[1]) P. M. prunifolia, der aus Sibirien stammt, ist hart und auch als Straßenbaum zu verwenden; er unterscheidet sich durch seinen, in die Augen fallenden, stehenbleibenden Kelch von der Art P. M. baccata, zu welcher cerasiformis gehört, die den Kelch zur Reifezeit abwirft.

Ueber die Lebensdauer der Stämme äußert sich Lindemuth, daß die auf Johannisapfel gepfropften Sorten ihr Leben selten über 15 — 20 Jahre bringen, während die auf Sämlingen edler, baumartiger Sorten von Malus veredelten Exemplare 150 — 200 Jahre alt werden können. Diese Angabe spricht auch gegen die Göppert'sche Ansicht, daß der Veredlungsprozeß den frühen Tod einleitet; hier ist es die Unterlage, welche maßgebend für die Lebensdauer wird.

Von sonstigen Erfahrungen, die bisher immer nur vereinzelt gemacht worden und daher nicht eine allgemeine Gültigkeit vorläufig schon beanspruchen können, ist beispielsweise noch anzuführen, daß baumartige Gehölze besser durchschnittlich auf strauchartigen zu gedeihen scheinen, wie umgekehrt. Sauerkirschen auf Süßkirschen gedeihen weniger gut, als diese auf jenen.[2]) Oberdieck sah, wie später ausführlicher erwähnt wird, Süßkirschen auf Sauerkirschen sehr fruchtbar tragen.

Treviranus[3]) citirt: Nußbäume und Kastanienbäume von den spätausschlagenden Varietäten sollen auf frühtreibenden niemals gerathen (nach Cabanis (Traité de la greffe); dagegen soll bei Kernobst diese Methode der Veredlung

---

[1]) Lieb: Pyrus Malus prunifolia major. Pomolog. Monatshefte 1879, S. 130.
[2]) Lindemuth a. a. O.
[3]) Treviranus: Physiologie d. Gewächse, II, 1838, S. 648 ff.

später Sorten auf frühe von gutem Erfolge begleitet sein und eine frühere Reife der Früchte bedingen.[1]) Bei Pfirsichen scheint die wechselseitige Veredlung von frühen auf späte Sorten und umgekehrt von günstigem Erfolge zu sein. Gauthier theilte der Pariser Société cent. d'Horticulture[2]) mit, daß er Pfirsich im August oder September auf Zapfen (coursonnes) wie auf die Verlängerungstriebe pfropfe und zwar späte Sorten auf frühe und umgekehrt. Die Früchte sollen dadurch größer werden, daß bei einem Baume, der mit spät reifender Sorte veredelt, die Früchte der Unterlage zuerst geerntet werden können und daß dann der Baum seine übrige Kraft auf die Ausbildung der Früchte an den Aesten der aufgesetzten, späten Sorte verwenden kann. Im umgekehrten Falle einer Veredlung auf späte Sorten werden die ganzen Bäume kräftiger, da späte Varietäten im Allgemeinen einen üppigeren Wuchs haben.

Ein älteres Beispiel von Duhamel[3]) ist in dieser Beziehung erwähnenswerth. Mandel auf Pflaumen und umgekehrt wachsen zuerst sehr gut an, aber gehen meist nach einem oder einigen Jahren zurück. Die Mandel hat ein viel üppigeres Wachsthum, treibt früher im Jahre aus und bildet als Edelreis einen starken Wulst an der Veredlungsstelle. Es ist daher wahrscheinlich, daß ein solches früher und dauernd mehr Wasser beanspruchende Edelreis so lange auf einer minder üppigen Unterlage gedeihen wird, als diese im Stande ist, aus ihrem gespeicherten Vorrath im Stamm dem jungen Reise zu genügen. Wird der Edelzweig mehrjährig, werden seine Bedürfnisse größer und kann er sich nicht, was häufig (Zwergstämme von Kernobst) der Unterlage accomodiren, so geht er aus Nahrungsmangel allmählich zu Grunde. Boden, Bewässerung, Sorte variiren die Erfolge sehr wesentlich. Umgekehrt wird eine zu frühe und üppige Unterlage (also eine solche mit sehr reicher und schneller Zellvermehrung) einem mit weniger Ansprüchen auftretenden Edelreise mehr zuführen, als es aufnehmen kann. Das überschüssige Material der Unterlage ergeht sich nun in schnellen Neubildungen. Sind viele Knospenherde da, dann macht sich der Ueberschuß in der Produktion langgliederiger Schossen Luft. Wenn aber, wie bei den Veredlungen, die meisten Seitenzweige und Augen unterdrückt sind, dann bleibt das Material dem Verdickungsringe des Stammes zur Verfügung. Es bilden sich statt der Prosenchymelemente Nester aus Holzparenchym, welche bei den Amygdalaceen leicht zu Gummiherden werden. So berichtet auch Duhamel, daß die mit Pflaumenreisern besetzten Mandelunterlagen an den Veredlungsstellen durch Gummosis zu Grunde gingen.

Auch bei den ganz allgemein durchgeführten Veredlungen der Birnen auf

---

[1]) v. Ehrenfels: Ueber die Krankheiten und Verletzungen der Frucht- und Gartenbäume. Breslau 1795, S. 108.

[2]) Ortgies: Vortheilhaftes Pfropfen von Pfirsichbäumen. Pomolog. Monatshefte v. Lucas 1879, S. 61.

[3]) Duhamel du Monceau: La physique des arbres 1758, II, S. 89.

Quitte und der Aepfel auf Paradiesapfel hat die Erfahrung gelehrt, daß der Tod für schnellwüchsige Edelreiser um so schneller eintritt, je trockner der Boden und je weniger Wurzel die Unterlage darin entwickelt. Die Edelreiser verschmachten leichter. Duhamel citirt auch Fälle, daß bei solchen Mißverhältnissen zwischen Edelreis und Wildling betreffs der Wasseransprüche schon das einfache Verpflanzen den Tod durch Verschmachtung zur Folge hatte (Mandel auf Pflaumen), während die in der Schule stehen gebliebenen Stämmchen derselben Serie gesund blieben. Das Abschneiden der Wurzeln bei dem Verpflanzen hatte die augenblickliche Fähigkeit der Wasserzufuhr bei der Unterlage zu sehr vermindert.

Auch Pfirsich auf Zwetschen sollen keine besonders haltbaren Verbindungen liefern (Pomolog. Monatshefte 1879, S. 370); das Edelreis soll rothgefärbtes Holz erhalten und bald zurückgehen.

Die immergrüne Belaubung scheint kein Hinderniß für das Anwachsen auf laubabwerfenden Unterlagen zu sein. Reiser von Prunus Laurocerasus auf Pr. Padus, von Quercus Ilex und Suber auf Q. sessiliflora, von Cedrus Libani auf Larix europaea sollen gedeihen, während über ein Gedeihen laubabwerfender Gehölze auf immergrünen noch nichts berichtet wird. Thouin[1]) widerspricht ersterer Behauptung.

Von den bemerkenswerthen Ergebnissen der Duhamel'schen Versuche sei hier erwähnt, daß z. B. die Frucht der Winterchristbirn auf Quitte ein zarteres, saftreicheres Fleisch und eine feinere, intensiver gefärbte Schale erhielt gegenüber den auf Wildling veredelten Reisern.

Es ist merkwürdig, daß bei einer so innigen Verbindung, den Birne und Apfel mit entfernter stehenden Unterlagen eingehen, sie gegenseitig nicht oder doch selten zu dauernder Vereinigung untereinander zu bringen sind. Es liegen in dieser Beziehung schon ziemlich zahlreiche Versuche vor. So berichtet Knight[2]) von einem Apfel auf Birne, der ein Jahr lang eine reiche Ernte brachte, aber im Winter darauf einging. Die Früchte sollen auch ein schwarzes Kerngehäuse ohne einen einzigen Samen besessen haben. Von den neuen Beobachtern wird die Thatsache im Allgemeinen bestätigt, aber hervorgehoben, daß günstige Ausnahmefälle vorkommen. So berichtet Direktor Stoll[3]), daß Apfelreiser auf Birnenbäumen ganz gut angehen, auch sehr bald tragen, aber kleine Früchte bringen und meist im vierten Jahre absterben. Obergärtner Seifert in Segeberg (Holstein) beschreibt eine fünfjährige Apfelveredlung auf Birne als Unterlage, welche im 4. Jahre 6 gut ausgebildete Aepfel getragen hat (Ribston-Pepping). Die Früchte waren von gutem Geschmack, aber die Krone sehr

---

[1]) Thouin: Monographie des Pfropfens. Deutsch von Berg, 1824, S. 114.

[2]) Hort. Transact. II, S. 201.

[3]) Stoll: Das Veredeln von Birnen auf Aepfeln. Wiener Obst- und Gartenzeit. 1876, S. 10.

schwachwüchsig. Von Birnenreisern auf Aepfeln sind dem Verf. mehrere günstige Resultate bekannt. In Czerwentzitz bei Ratibor fanden sich viele Exemplare von Birnen, welche auf Aepfeln veredelt waren. Das Verfahren war seit 10 Jahren in Anwendung. Bei dem ersten Versuche (Gaishirtenbirn auf Apfel) zeigte sich, daß die Früchte vom 2. Jahre der Veredlung an auf der Apfelunterlage um 14 Tage früher reiften, als auf dem eignen Mutterstamm. Bei den in Rede stehenden Versuchen ergab sich, daß das Pfropfen in die Rinde sich am besten bewährt und daß die Apfelunterlagen von 2,5 cm Stärke, an der Basis durch Birnenreiser veredelt, sich am besten halten. Schwächere Unterlagen lieferten kein gutes Resultat; die meisten Sorten gingen zwar an, wuchsen aber nicht von der Stelle. Auch bei dem oben erwähnten, ersteren Versuche hielt sich das Edelreis 8 Jahre; bei Wiederholung derselben Veredlung in mittlere Kronenäste gingen eine Anzahl Exemplare nach 2—3 Jahren ein. Die übrigen lebten zur Zeit des Berichtes noch kümmerlich weiter, ohne Früchte zu bringen. Gleichzeitig finden wir eine weitere Notiz[1]) von Gillemot, der selbst zweijährige Birnenveredlungen auf Apfelunterlage besitzt. Ferner. wurden bei ihm Kirschenreiser (Kgl. Amarelle) auf eine Pflaume (Prunus insititia) in die Rinde gepfropft.

Die Reiser entwickelten sehr lange Triebe und im zweiten Jahre auch verhältnißmäßig viele und schöne Früchte, starben aber nach dem Fruchttragen sämmtlich ab.

Die einmal in der Literatur angeregt gewesene Frage über Veredlung von Birne und Apfel miteinander hat in demselben Jahre noch eine Anzahl weiterer Meinungsäußerungen bekannter Pomologen zur Folge gehabt.

Mehlhorn[2]) beobachtete im Elsaß ein etwa 8 Jahr altes, verkrüppeltes Birnbäumchen auf Apfelbaum veredelt; es blühte alljährlich und lieferte auch mitunter schöne Früchte. Bei einem zweiten, in Missouri beobachteten Fall hatte das Edelreis reichlich geblüht und Früchte angesetzt, aber später dieselben bis auf eine einzige Birne fallen gelassen. Eigene Versuche zeigten dem Verf., daß das Reis gut anwächst; das Birnenreis macht bisweilen große Anschwellungen an der Veredlungsstelle und muß daher möglichst nahe am Boden aufgesetzt werden. Oberdieck fügt hinzu, daß nach seinen Erfahrungen Birnen auf Apfelwildlingen zwar anwachsen, aber nachher nicht weiter wachsen. Ebenso tragen Süßkirschen, auf Sauerkirschen aufgesetzt, kleine Zweige mit vielen, schönen Früchten; die Zweige tragen aber in einigen Jahren sich fast immer todt. Lucas knüpft daran die Notiz, daß schon vor mehr als 40 Jahren Dittrich in seiner voll-

[1]) Gillemot: Beitrag zur Veredlung verschiedenartiger Gewächse auf einander. Wiener Obst- und Gartenzeit. 1876, S. 121.

[2]) Mehlhorn: Zur Birnenveredlung auf Apfelwildlinge. Pomolog. Monatshefte v. Oberdieck und Lucas 1876, Nr. 7 u. 8.

kommenen Obstbaumschule als Unterlage für Zwergbirnen den Johannisapfel empfohlen habe. Die mit 500—600 Stämmchen ausgeführten, eigenen Versuche hätten aber durchaus ungünstige Resultate geliefert.

Bei den Stoll'schen Angaben ist der Art der Veredlung besonders Erwähnung gethan. Dies geschah jedenfalls darum, weil in den Kreisen der Praktiker bekannt ist, daß nicht jede Veredlung bei gewissen Gehölzen von Erfolg ist. Als Beispiel führt in dieser Beziehung Carrière[1]) an, daß die Birnenvarietäten Bon chrétien Rans, Doyenné de Juillet, Beurré Giffard, Beurré Box nicht wachsen oder nach Produktion schwächlicher Triebe bald zu Grunde gehen, wenn sie auf Quitte oculirt würden (greffé en écusson); dagegen ist der Erfolg ein außerordentlich günstiger, wenn man in den Spalt pfropft und namentlich als Edelreis eine Zweigspitze benützt. Die Fruchtbarkeit ist ungemein groß. So soll auch Ligustrum ovalifolium als Unterlage für die einzelnen Arten des Flieders sich verschieden verhalten. Nur Syringa Josikea soll als Oculant (greffé en écusson) fortkommen, während S. Emodi, persica u. A. nur durch Pfropfen in den Spalt (greffé en fente) sich gut entwickeln.

In der Neuzeit ist die Frage der Bastardbildung durch Veredlung in den Vordergrund getreten. Ein Beispiel dafür soll Cytisus Adami sein, der aus einer Veredlung von Cyt. purpureus auf C. Laburnum hervorgegangen sein soll und zeitweise nun seit 1826 in einzelnen Zweigen bald die Blüthen der einen oder andern Stammart produzirt. Nach A. Braun[2]) zeigte sich der Rückschlag zuerst 16 Jahre nach der Veredlung.

Neuerdings ist ein anderes Beispiel[3]) hinzugekommen. In einem Weinhause in England wurde ein Stock, der mit Black Alicante bereits veredelt worden, nach längerer Zeit noch einmal mit 3 Sorten auf den Black Alicante veredelt. Eine dieser 3 Sorten wurde später sammt einem kleinen Stücke der Unterlage fortgeschnitten. Darauf zeigte ein mitten in dem Aste der zweiten aufgesetzten Sorte (Trebbiano) stehender Sproß einen Sporn mit Trauben, welche gänzlich der fortgeschnittenen Sorte (Golden Champion) glichen. Unterhalb und oberhalb des abnormen Spornes trug die Trebbianorebe wieder ihre charakteristischen Früchte. Es bleibt somit keine andere Annahme übrig, als daß die weggeschnittene Championsorte nach rückwärts hin einen Einfluß auf die Unterlage (Black Alicante) und durch diese auf die seitlich veredelte Trebbianosorte ausgeübt hat.

Ein anderer, sonderbarer, älterer Fall ist vor wenigen Jahren durch

---

[1]) Carrière: Quelques Observations à propos de la greffe. Revue hort. 1876, II, S. 208.

[2]) Bot. Jahresb. 1873, S. 537.

[3]) P. Grieve, Culford, Bury St. Edmunds: Singular Sport of a Grape Vine. Gard. Chron. 1875, I, S. 21.

Lackner[1]) bekannt geworden. Im Garten Palavicini bei Genua sah L. unter dem Namen Maravilla di Spana eine Orange (Bigaradia bizarro Riss.), die auf der Oberfläche z. Th. wulstige Streifen zeigte und auch dementsprechend im Innern theils einer Citrone, theils einer Apfelsine und Cedrate glich. Diese Form ist nachweislich um 1640 entstanden, wo ein Gärtner in Florenz einen Wildling veredelte, ohne daß das Edelreis anwuchs. Unmittelbar unter der Veredlungsstelle entstand aber ein Zweig, welcher diese höchst merkwürdigen Früchte brachte. Die Blumen sind ebenfalls verschieden; einige erscheinen weiß, andere roth.

Im Jahre 1873 veröffentlichte die Revue horticole[2]) einen Fall, in welchem ein Herr Zen durch Veredlung neue Rosenvarietäten gezüchtet habe. Die Varietäten blieben constant.

Von den vielen, mit Zweifel aufzunehmenden Erscheinungen, die bei den Veredlungen vorgekommen sein sollen, sei hier nur ein Fall aus Spanien erwähnt. Kirschen auf Pflaumen (Prunier rouge) und umgekehrt sollen nach einigen Jahren so ähnliche Früchte nach Größe, Farbe und Gestalt geben, daß es kaum möglich ist, die Früchte so verschiedener Abkunft von einander zu unterscheiden.[3]) Auch von Amerika liegt ein neueres, derartiges Beispiel vor, das eine Wiederholung älterer Versuche ist. Meehan[4]) nahm vom Rhode Island-Greening-Apfel und vom rothen Astrachan je eine Knospe, (wahrscheinlich wohl mit dem dazugehörigen Internodium), spaltete diese der Länge nach möglichst genau in der Mittellinie und fügte die beiden Hälften zusammen. Von 12 solchen Veredlungen gaben 2 Exemplare Früchte. Die eine Veredlung zeigte die großen weißen Blumen der erstgenannten Varietät, aber die Frucht ähnlich der zweiten. Die Frucht des zweiten Exemplars mit eben solchen Blumen hatte etwa die Farbe vom rothen Astrachanapfel, reifte auch um dieselbe Zeit, war aber nur halb so groß, sehr abgeflacht und mit einem etwa 5 cm langen, schlanken Stiel versehen.

Focke[5]) erwähnt einer weißen Moosrose, die auf eine rothe Centifolie gepfropft worden war. Ein solcher Stock trieb aus dem Grunde Stämme, die theils weiße Moosrosen, theils Centifolien und auch Moosrosen mit z. Th. rothgefärbten Petalen trugen. Außer bei den hier besprochenen Rosen werden noch Pirus, Begonia, Oryza, Abies u. A. als solche genannt, bei denen Pfropfmischlinge vorgekommen sind.

---

[1]) Lackner: Einfluß des Edelreises auf die Unterlage der Orangen. Monatsschr. d. Ver. z. Bef. d. Gartenbaues v. Wittmack 1878, S. 54.

[2]) Gardener's Chronicle 1873, No. 4, S. 104.

[3]) Revue horticole 1876, S. 188.

[4]) Graft. Hybrids. Gard. Chron. 1876, II, S. 422.

[5]) Focke: Die Pflanzen-Mischlinge. Ein Beitrag zur Biologie der Gewächse, cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 1428.

Besonders häufig finden sich Angaben über die Entstehung von Mittelformen bei Veredlungen krautartiger Theile. Dieser Veredlungsmodus, der sich als sehr praktisch auch in der Baumzucht erweist, ist von Baron Tschoudy zu Glaris, dem zu Ehren die Methode den Namen führt[1]), zuerst versucht und bei Nadelhölzern (Fichten, Tannen, Lärchen) und den verschiedensten Laubbäumen zur Anwendung gebracht worden. Er machte auch bereits die Versuche mit dem Pfropfen von Solanum Lycopersicum auf Kartoffeln, die in den letzten Jahren als neu beschrieben worden sind. Ferner meldet Thouin Beispiele von dem Pfropfen einer Artischocke auf Speerdistel und einer Melone mit Fruchtansatz auf den Stengel einer Gurke. Mit Vorliebe werden als Beispiele leichter Bastardbildung die Veredlungsresultate von Kartoffeln angeführt. Aus der reichen Literatur sei hier nur auf die Veröffentlichungen von Lindemuth, dessen Arbeiten mit Vertrauen aufgenommen werden, hingewiesen. Bei den von ihm im Jahre 1877 ausgeführten Versuchen zeigte sich eine Verschmelzung der Gewebe bei fast allen Knollen. Selbst im Winter beobachtete L. 14 Tage nach Pfropfung der Knollen eine gelungene Verwachsung. Die Kittschicht hob sich als weißliche Linie von dem gelben Fleische ab. Die Ränder schließen niemals ganz fest; der klaffende Spalt zeigt braunwandiges Vernarbungsgewebe. Die eigentliche Verwachsung findet nur im Cambium statt. Also auch der innere Theil der Verbindungsfläche ist nicht verkittet, sondern bildet einen braunen Streifen, welche Färbung von den abgestorbenen Zellwänden und der Korkschicht der Wundflächen der beiden sehr dicht aneinander schließenden Hälften herkommt.

Eine Entstehung von Pfropfhybriden durch Knollenveredlung, wie sie von andern Experimentatoren angegeben, erkennt Lindemuth bei den Kartoffeln nicht an und betrachtet die Angaben über die Veränderungen von Gestalt, Lage der Augen und des Nabels der vermeintlichen Bastarde als unzuverlässig. Nicht minder unzuverlässig erscheinen ihm die Mittheilungen über Farbenänderung durch Impfung. Manche Sorten sind z. B. in verschiedenen Altersstadien verschieden gefärbt; bei der „blauen Schottischen“ sind die jungen Knöllchen gelblich und kaum merklich blau angehaucht, die von mittlerem Alter sind verwaschen, matt violett gefleckt und nur die ausgewachsenen Exemplare sind homogen dunkel-violett. Von theoretischer Seite liegt aber kein Grund vor, zu zweifeln, daß auch Knollenveredlung zu Bastardbildungen führen kann, nachdem eine wirkliche Verwachsung der beiden Hälften constatirt worden und man bei Veredlung gestreckter, grüner Kartoffelstengel eine Beeinflussung anerkennen muß. So sieht denn jetzt auch die Mehrzahl der Beobachter die gewonnenen Abweichungen bei Knollenveredlung als Bastardformen an. Als solche sieht

---

1) Thouin a. a. O., S. 102.

Magnus[1]) die sowohl von Veredlung einzelner Knollenstücke, als auch grüner Stengelglieder bei Neubert's Versuchen hervorgegangenen Knollen an; ebenso werden die Versuche von Reuter gedeutet.[2]) Bei 2 von 11 Versuchspflanzen war durch Einpfropfen eines spaltenförmigen Stückes einer blaurothen Sorte in eine weiße eine Ernte von blaßrothen Knollen erzielt worden. In England versuchte Dean[3]) eine Kartoffel auf Tomate zu veredeln. Zwei junge Pflänzchen von etwa 15 cm Höhe wurden durch Ablaktiren (inarching) im Frühjahr mit einander vereinigt. Das Edelreis wurde reich verästelt und kurzgliederig; von einzelnen Aesten gingen hier und da Schosse aus, welche an ihrer Basis fleischige Anschwellungen, ähnlich den Kartoffelknollen, zeigten, die sich manchmal bei unterirdischen Verletzungen des Stengels oberhalb der Erde bilden. Ein anderer Versuch mit Pfropfung eines Kartoffelzweiges auf Bittersüß (Sol. Dulcamara) ergab folgendes Resultat bei sehr guter Entwicklung. An den Blattstielbasen bildeten sich, ähnlich wie bei dem auf Liebesapfel veredelten Zweige, knollenartige Anschwellungen; außerdem entstanden an den Wurzeln von Sol. Dulc. den Kartoffeln ähnliche Gebilde. Außer diesen letztgenannten Fällen citirt Lindemuth noch eine Notiz aus den Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gartenbaues vom Jahre 1830, wonach Fouquet das Sol. Lycopersicum auf S. tuberosum zur Erzielung doppelter Ernten pfropfte. Das Resultat war günstig und ist in der neuesten Zeit wiederholt worden. Richter in Zwickau erzog Sol. nigrum und Pseudocapsicum etc. mit reichen Blüthen und Früchten versehen auf Kartoffelunterlage. Lycopersicum auf Kartoffel gedieh sehr üppig von Juni bis November. Die Unterlage zeigte keine Spur von Knollenansatz, sondern Wurzeln und Stolonen waren hart und holzig. Thouin erwähnt desselben Versuches von Tschoudy.[4]) Wenn man Liebesäpfel auf Kartoffeln pfropft, so erhält man, sagt Tschoudy, eine Ernte, welche im Ertrag so viel liefert, als man gewöhnlich nur von zwei Pflanzen erhält. Lindemuth hat seit mehreren Jahren verschiedene Solaneen, auch Sol. Dulc. mit Kartoffelzweigen veredelt, nie aber Knollenansatz an den Wurzeln, sondern nur die bekannten Knöllchen an den Stengeln des Sol. tub. erzielt. Betreffs der Uebertragung des Farbstoffes haben die Versuche von L. und Anderen bewiesen, daß der rothe Farbstoff vom Edelreis auf die Unterlage übergeht, wenn Stengelveredlung angewendet wird. Knollenveredlung hat dagegen bis jetzt eben zweifelhafte Resultate ergeben. Zu untersuchen bleibt noch, ob sich der auf die Unterlage durch das Edelreis übertragene Farbstoff nun weiter auf die neugebildeten Stolonen und Knollen fortsetzt. Bei den obenerwähnten Richter'schen Ver-

---

[1]) Magnus: Einfluß des Edelreises auf die Unterlage. Sitzungsber. d. Ges. naturf. Freunde. Berlin, 19. Nov. 1872.

[2]) Ferner: Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg, vom 30. Octob. 1874.

[3]) Alex. Dean: Potato Graft. Gard. Chron. 1876, II, S. 304.

[4]) Monographie des Pfropfens, 1824, S. 111.

suchen ergab die Ernte stets nur der Unterlage ähnliche Knollen. Ein wirklicher Einfluß des Edelreises auf die Unterlage wird jedoch constatirt bei Veredlung der blauen Salat-Kartoffeln auf Ashtop (Fenke) in einzelnen verwaschenen, blauen Flecken der Schale bei den sonst weißen Ashtop, während Knollenform, Augenbildung u. dgl. genau die der Unterlage blieben. Die Aussaat dieser bunten Knollen ergab jedoch im nächsten Jahre wieder rein weiße Ernte. Die Copulation eines weißen Reises auf eine blaue Unterlage ergab lauter blaue Knollen, allerdings einige ohne den dunklen Ring im Fleische. Letzterer Fall kommt aber auch ohne Veredlung vor. Eine Einwirkung der Unterlage anf Blattbildung, Blüthe rc. des Edelreises war nicht zu bemerken. Bei mehrfachen, ähnlichen Versuchen mit Dahlia fand Lindemuth, daß der Farbstoff sich nicht überträgt; auch nicht auf Höhe der Pflanze, Habitus, Größe und Farbe der Blüthen oder der Achsentheile wirkte die Impfung in irgend bemerkenswerther Weise ein. Die Kräftigkeit des Wuchses wird jedoch am häufigsten beeinflußt erscheinen, und man verwendet auch in der Blumenzucht derartige Einflüsse zur Verbesserung der Resultate. Die goldblättrigen Scarletpelargonien sind von schwächlichem Wachsthum und großer Empfindlichkeit. Auf das gewöhnliche P. zonale etwa im April gepfropft, entwickelte sich ein solch schwächliches Reis sehr kräftig und behielt seine Färbung.[1])

Ein viel wesentlicherer Einfluß würde durch einen Versuch von Carrière[2]) nachgewiesen werden, falls eine Wiederholung das Resultat bestätigen sollte. Sol. Lycopers. auf Sol. Dulcamara veredelt, ergab bis 3 m hohe Pflanzen mit zahlreichen, in der Gestalt nicht abweichenden Früchten, die aber süßer waren und auch ein dichteres, körnerärmeres Fleisch besaßen, als die von unveredelten Exemplaren stammenden Beeren. (Schon oben ist bei Birnen einmal ein Fehlschlagen der Samen angegeben worden.) Die Unterlage zeigte keine Veränderung.

An obiges Beispiel von dem veränderten Geschmack der Früchte schließt sich ein Fall über Einfluß der Unterlage auf Größe und Färbung der Früchte des Edelreises.[3]) In England wurde die Weinsorte „Gros Guillaume“ auf Wurzeln von „Muscat of Alexandria“ und in einem kühleren Weinhause auf „Black Hamburgh“ veredelt. Die Edelsorte befand sich zum Vergleich auch wurzelächt neben den Veredlungen. Das Edelreis auf dem „Muscat“ zeigte ein regelmäßigeres Schwellen und eine größere Ausdehnung der Beeren, als bei gleichalterigen, wurzelächten Reben. Auf Black Hamburgh machte dieselbe Edelsorte weder so große Beeren noch Trauben, aber sie färbte sich viel schneller

[1]) Grafting Golden and Silver variegated Pelargoniums. Gard. Chron. 1878, II, S. 538.

[2]) Carrière: Wechselseitiger Einfluß von Pfropfreis und Unterlage. Aus „Revue hortic.“, cit. in Oesterr. landw. Wochenbl. 1878, S. 221.

[3]) Grafting: Gard. Chron. 1875, II, S. 369.

als auf der Muscat-Unterlage, ja auch schneller als bei den wurzelächten Exemplaren jeder Sorte.

Helianthus tuberosus auf H. annuus veredelt, machte die Unterlage zu einer riesigen Pflanze, die an zwei Stellen augenlose Wurzelanschwellungen mit schwarzer, rissiger Haut, ähnlich der gewisser Dahliaknollen trug. Aus den Seiten gingen verlängerte Anschwellungen mit dünnen, röthlichen Häutchen hervor, auf denen kleine Narben saßen, die zuletzt wohl denen der Topinambur glichen.[1])

Im Jahre 1876 legte Masters[2]) dem wissenschaftlichen Comité der Royal Hortic. Soc. in London die Photographie einer Pflanze vor, welche Maule in Bristol gezogen haben will, indem er eine Artischoke auf eine niedrige Sonnenrose veredelt habe. Wie es schien, hatten sich an den faserigen Wurzeln der als Unterlage benutzten Sonnenrose Knollen gebildet.

Nicht zu verkennen dürfte bei einem Beispiel von Kohlveredlung[3]) der Einfluß dieser Prozedur auf die Samenbildung sein. Zwei Kopfkohlvarietäten (Cabbages) wurden Ende April 1872 als starke Samenpflanzen miteinander veredelt. Als Unterlage diente „Enfield Market“, als Edelreis „Red Dutch“. Letzteres wuchs sehr üppig, aber statt der sonst beiden Varietäten gemeinsamen Kopfbildung machte die Veredlung keine Anstalten dazu. Die geringe Menge Samen, die im folgenden Jahre von der Veredlung geerntet worden war, wurde im Frühjahr 1874 gesäet. Das Resultat war eine Sammlung theils von Krauskohl (kale), theils Savoyerkohl (Savoys) und rothem Kopfkohl (red Cabbage). Eine beträchtliche Anzahl Pflanzen zeigte den Charakter der Unterlage, deren Einfluß somit als dominirend angesehen werden konnte.

Wir haben hier eine größere Anzahl Fälle von Beeinflussungen angeführt, welche durch die ungeschlechtliche Verbindung zweier Individuen hervorgebracht worden sind. Wenn auch manche der erwähnten Resultate mit Vorsicht aufzunehmen sind, manche als wahrscheinliche Selbsttäuschungen unberücksicht, vielleicht am besten gelassen werden, so steht doch immerhin fest, daß zwei ungeschlechtlich verbundene Individuen einander beeinflussen können. Diese Beeinflussung kann so groß werden, daß aus dieser Vereinigung zweier vegetativer Glieder eine mit neuen Eigenschaften versehene, dritte, vegetative Achse hervorgehen kann. Daß derartige Fälle selten sind, erklärt sich aus der geringen Anzahl Versuche, die direkt zwecks vegetativer Bastarderzeugung angestellt wurden, andrerseits auch aus der größeren Schwierigkeit der Erzeugung solcher Bastarde. Der zur Hervorbringung derartiger Mittelformen nothwendige

---

[1]) Carrière a. a. O.

[2]) Grafting: Jerusalem Artischoke on the sunflower. Gard. Chron. 1876, II, S. 625.

[3]) Grafted Cabbages. Aus „Gardeners Record“, cit. in Gard. Chron. 1876, I, S. 244.

Stoß auf das einem jeden Individuum erbliche Bildungsgesetz ist darum viel seltener folgenreich, weil er sich auf viel zu alte Zellen richtet. Selbst das Cambium bietet gegenüber der bei der geschlechtlichen Zeugung in Betracht kommenden, zartesten, primordialen Zelle schon viel zu entwickelte, geschützte Zustände, welche eines viel derberen Stoßes auf ihre Funktionsrichtung bedürfen, um dieselbe auch nur in unwesentlichen Zügen abzuändern.

Man wird also sagen müssen, daß eine vegetative Bastarderzeugung sehr gut möglich ist und wahrscheinlich um so leichter eintreten wird, je jünger die durch Veredlung vereinigten Theile sind, daß aber im Allgemeinen die Fälle seltener bleiben werden, weil in den vegetativen Achsen die Eigenschaften eine zu große Festigkeit bereits erlangt haben. Deßhalb ist und bleibt als Regel zu betrachten, daß die Merkmale und Eigenschaften bei dem Veredlungsprozeß getreu erhalten werden und Abänderungen die Ausnahme bilden.

Es ist bei Anerkennung dieser Regel also auch nicht mehr wunderbar, daß **Krankheitsanlagen durch Veredlung erhalten bleiben.** Aussprüche dieser Art finden sich in der gärtnerischen Literatur vielfach angegeben und allerdings auch mehrfach wiederum bekämpft. Mir selbst liegen bestätigende Erfahrungen betreffs der Fortpflanzung des Krebses und des durch Fusicladium pyrinum verursachten Schorfes vor. Krebs ist nach meiner Auffassung eine nicht parasitäre, Schorfkrankheit eine parasitäre Krankheit. Beide bleiben meist auf das kranke Edelreis beschränkt, wenn die Unterlage nicht dafür inclinirt. Betrachten wir die Anlage des Krebses als eine normale Eigenschaft des Baumes, die darin besteht, weiche, frostempfindliche Triebe mit Neigung zu üppigen Ueberwallungsrändern zu produziren, so ist ersichtlich, daß diese Eigenschaft einer Obstsorte nicht so leicht durch den Einfluß der Unterlage geändert werden kann. Unmöglich aber ist es nicht. Der Fall ist recht gut denkbar, daß ein krebsiges Edelreis mit üppigem Wachsthum auf einer Zwergunterlage eine derartig gemäßigte Entwicklung und damit eine derartig langsame Holzproduktion erlangt, daß nun der neu gebildete Edelstamm frosthärter und damit krebslos wird. In wie weit der Ausspruch Hales' auf Thatsachen beruht, daß die Unterlage von krebskranken Edelreisern angesteckt werden kann [1]), ist nicht festzustellen. Neuere Beobachtungen sind mir nicht bekannt geworden; ich selbst habe es nie gesehen. Bei dem Fusicladium ist derselbe Fall denkbar; da dieser Pilz auch fast immer nur an bestimmte Sorten geht. Man kennt zwar noch nicht die übereinstimmenden Eigenthümlichkeiten, welche diese Sorten pilzempfänglich machen, aber die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, daß diese Eigenschaften durch eine andere Unterlage dem Edelreis genommen und dasselbe damit pilzfrei würde.

---

[1]) Hales: Vegetable Staticks. Second Edition London 1731, S. 147. Another argument for the circulation of the Sap, is, that some sorts of grafts will infect and cancer the stocks they are graffted on.

6. Die natürlichen Verwachsungsprozesse.

Im Anschluß an die durch künstliche Eingriffe betreffs Erreichung eines bestimmten Kulturzweckes erzielten Verwachsungen getrennter Organe mag auch der sehr häufig vorkommenden, vom Zufall abhängigen, natürlichen Verwachsungen gedacht werden.

Am häufigsten treten uns in Hecken die Verschmelzungen zweier Aeste, die aufeinander zu von den verschiedensten Richtungen her gewachsen sein können, entgegen. Dasselbe läßt sich in dichten Baumbeständen an Wurzeln beobachten.

Die Wurzelverwachsungen können in jugendlichem Alter der Organe stattfinden, in welchem die Epidermis noch theilungsfähig ist. Nach Franke[1]) zeigt sich dieser Vorgang bei dem Epheu (Hedera Helix) und der Wachsblume (Hoya carnosa), bei denen die Epidermiszellen zweier benachbarten Wurzeln papillenartig aufeinander zu wachsen und verschmelzen, sodann sich theilen und dadurch ein wenigschichtiges Bindegewebe darstellen, das allerdings nicht die Festigkeit besitzt, wie das aus der Cambiumzone hervorgehende Kittgewebe bei zwei mit Borke versehenen Wurzeln älterer Holzpflanzen. Hier stellt sich derselbe Vorgang, wie bei der Verschmelzung oberirdischer Organe ein. Die Rinde an den Berührungsstellen wird theils nach außen gedrängt, theils inselartig eingeschlossen; das Cambium produzirt auch nicht mehr, so weit der Druck an der Berührungsstelle dauert und verschmilzt zu einer gemeinsamen, beide Wurzeln umfassenden Schicht, die alljährlich bei genügender Ernährung neue Holzlagen über die Verwachsungsstelle legt.

In Wäldern, namentlich Fichten- und Kieferwaldungen, begegnet man häufig Zwillingsstämmen, welche auf verschieden lange Strecken von der Basis aus miteinander verwachsen sind. Seltener sind die Fälle, in denen Stämme isolirten Ursprungs in den höheren Regionen ihrer Hauptachse miteinander verwachsen.

Eine Verwachsung hochinteressanter Art findet sich in dem Ellguther Forste bei Proskau; sie betrifft eine alte Kiefer, an welche, wie Fig. 29 zeigt, ein zweiter, dünnerer Stamm an mehreren Punkten durch natürliche Ablaktion festgewachsen ist. Seit einer langen Reihe von Jahren (seit 13 Jahren kenne ich den Baum) ist die Basis des schwächeren Stammes vollkommen abgehauen, so daß derselbe seine Nahrung nur von dem Mutterstamm beziehen kann. Beide Stämme sind vollkommen gesund und bilden eine gemeinsame Krone; nur will mir scheinen, als ob der angesäugte Stamm durchschnittlich etwas kurznadeliger wäre.

[1]) Franke: Beiträge zur Kenntniß der Wurzelverwachsungen. Beiträge zur Biologie d. Pflanzen von F. Cohn, Bd. III, Heft 3, cit. Bot. Centralbl. 1882, Bd. X, Nr. 11 S. 401.

Von einer anderen Kiefer besitze ich ein Stammstück, bei welchem die Spitze eines etwa 5 cm dicken Astes in die Hauptachse hinein sich gebohrt hat und in derselben gänzlich verschwunden ist. Es ist dies ein Beispiel für die sog. „gehenkelten Stämme".

Sämmtliche Vorgänge dieser Art beruhen auf der Fähigkeit des cambialen Gewebes, Verkittungsschichten zwischen verschiedenen Achsen zu bilden. Die Prozesse unterscheiden sich von den Veredlungen nur dadurch, daß die später miteinander verwachsenden Cambialschichten zunächst durch die Rinde der Pflanzentheile von einander geschieden sind. Diese muß erst durch allmähliche Reibung entfernt werden. Ist die Verschmelzung der Achsen vor sich gegangen, dann lagert sich alljährlich ein zusammenhängender Holzmantel über die Verwachsungsstelle. Manchmal liegen größere, braune Parthien abgestorbener Rinde mitten in der Verwachsungsfläche, was sich durch die unebene Beschaffenheit der miteinander in Berührung tretenden Achsen erklären läßt. Wenn zwei mit Borkenschuppen bekleidete Stämme einander berühren, so reiben sich zunächst die hervorragendsten Stellen gegenseitig ab und verwachsen miteinander zuerst; wenn der gegenseitige Druck nicht so groß ist, daß die Stämme ihrer ganzen Länge nach zwischen je zwei solchen primären Verwachsungsstellen einander berühren, dann bleibt eine innere Parthie mit Rinde von den verwachsenen, vorspringenden Außenpartien eingeschlossen.



Fig. 29.

Manchmal zeigt der Querschnitt der Basis eines Zwillingsstammes drei Centren. Bei Coniferen ist der mittelste, dritte Stamm in der Regel verkiehnt. Hier ist jedenfalls in der Jugend der Gipfel der Hauptachse abgebrochen worden und zwei Seitenaugen haben das Wachsthum übernommen. Anstatt wagrechte Aeste zu bilden, haben sich diese zu zwei Gipfeltrieben entwickelt, welche nach einer längeren Reihe von Jahren die absterbende Hauptachse gedrückt und endlich umwallt haben. Ihre gegenseitigen Umwallungsränder haben sich allmählich miteinander vereinigt, und schließlich ist ein einziger, zusammengedrückter Cylinder aus den 3 Achsen geworden.

Daß die Verwachsung auch zwischen Theilen von Individuen verschiedener Arten vor sich gehen kann, ist nach den bei dem Veredlungsprozesse bekannt gewordenen Versuchen als feststehende Thatsache anzunehmen. Fichten und Tannen, Aepfel und Birnen und diese mit Quitte, Mandel mit Pflaume u. dgl. dürfen als bekannte Beispiele gelten. Es ist jedoch auch hier sicherlich eine Grenze in der Verwandtschaft der Pflanzen vorhanden, über welche hinaus eine wirkliche Verwachsung trotz innigster Berührung und Reibung nicht statthaben wird. Es finden sich zwar in der Literatur eine ganze Anzahl Beispiele von Verwachsungen sehr heterogener Pflanzen, indeß beruht gewiß ein Theil dieser Angaben auf irrthümlicher Beobachtung [1]), indem man Verwachsungen annahm, wo nur Umwachsungen stattfanden.

Nach den bisher so ausführlich dargestellten Vorgängen der Wundheilung dürfen wir hier wohl, ohne mißverstanden zu werden, aussprechen, daß sich der scheinbar so starre Holzkörper eines Baumes in alle möglichen Formen bringen läßt, wenn das aus dem Cambiumringe hervorgehende Gewebe in bestimmter Weise eingeengt wird. Man kann auch bildlich recht gut sagen, daß sich der Holzstamm um alle, seinem Dickenwachsthum dauernd im Wege stehenden Körper herumgießt, dieselben überwölbt und gänzlich einzuschließen im Stande ist. Die Beispiele von sog. eingewachsenen Steinen, Fichtenzapfen, ja selbst Thiermumien sind mehrfach beobachtet worden.

7. Wundschluß und Baumkitt.

Nachdem wir gesehen, daß die Wachsthumsvorgänge, welche bei unsern Kulturbäumen behufs Schließung der Wunden eingeleitet werden, in gleicher Weise sich überall einstellen, müssen wir nun erörtern, in welcher Form das verwundete Gewebe sich schützt oder geschützt werden muß, bevor Ueberwallungsschluß eintritt. Dieser Wundschutz ist bei den einzelnen Baumarten keineswegs gleichartig, und wir werden uns sagen müssen, daß der Schluß um so schlechter

---

[1]) Moquin Tandon: Pflanzen-Teratologie, deutsch von Schauer 1842, S. 274. Masters: Vegetable Teratologie 1869, S. 55.

ist, je länger er den Einfluß der Atmosphäre auf das lebende, bloßgelegte Gewebe zuläßt.

Vom natürlichen Wundschutz haben wir theilweis schon gesprochen, insofern er durch Korkbildung hervorgerufen wird. Bei dem Holzkörper der Bäume aber findet sich keine die Wundfläche schnell deckende Korklage, sondern eine andere Einrichtung, auf welche Böhm [1]) neuerdings aufmerksam gemacht hat. Es füllen sich nämlich die Gefäße dort überall mit Thyllen oder einer gummiartigen, in kochender Salpetersäure meist leicht (bei den Correen schwer) löslichen Substanz (Wundgummi), wo gesundes an abgestorbenes Holz grenzt. Die Thyllen sind in der Regel von etwas Gummi begleitet. Beide Ausfüllungsarten machen das Holz der Aststumpfe für Wasser und Luft schwer durchdringbar und bilden innerhalb der Vegetationszeit einen schnellen Verschluß. Aus dieser Beobachtung ergiebt sich, daß wir gut thun, im Winter kurz vor Beginn der cambialen Thätigkeit die Bäume auszuschneiden.

Bei einer größeren Anzahl von Holzgewächsen füllen sich die Gefäße und häufig auch einzelne der andern Holzelemente mit kohlensaurem Kalk [2]). Derselbe zeigt sich in der Regel im Kernholz und denjenigen Gewebepartien, deren Zellen dem Kernholz ähnliche chemische und physikalische Beschaffenheit haben, wie das vom Kernholz umschlossene Mark und das todte, verfärbte Holz im Astknoten und an Wundstellen. Diese Ausfüllung ist eine meist so vollständige, daß man nach dem Verbrennen solcher Holztheilchen solide Kalkabgüsse der Zellen sieht, welche den Kalk enthalten haben. Der Vorgang läßt sich so erklären, daß überall da, wo sich für das die Holzzellen und Gefäße durcheilende Bodenwasser, das den Kalk als doppelt kohlensauren enthält, Gelegenheit findet, Kohlensäure abzugeben, sich der nun nicht mehr gelöste Kalk als Niederschlag auf der Innenseite der Gefäße absetzt. Im lebendigen Kernholze, das nicht wie der Splint noch das Kalksalz schnell verarbeitet, wird eine jede Temperaturerhöhung ein Entweichen von Kohlensäure veranlassen und einen Niederschlag von Kalk einleiten. Bei den Wunden wird durch das Freilegen des Gewebes ebenfalls die Kohlensäure verschwinden. Während nun der Splint, der keinen Kalk ablagert, durch die Thyllen- resp. Gummibildung (wahrscheinlich in Folge des Eintritts von Luft in vorher saftführende Gefäße) sich vor dem Eintritt der Atmosphäre schützt, sehen wir bei dem Kernholz die Kalkablagerung als Schutzmittel auftreten.

Indessen ist bei unsern Laubbäumen der Eintritt der Wundfäule trotz dieser natürlichen Vorbaumittel doch eine sehr allgemeine Erscheinung, und wir

---

[1]) Böhm: Ueber die Function der vegetabilischen Gefäße. Bot. Zeit. 1879, S. 229.

[2]) Molisch: Ueber die Ablagerung von kohlensaurem Kalk im Stamme dicotyler Holzgewächse. Sitzungsber. d. mathem.-naturwissenschaftl. Klasse d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien, Bd. LXXXIII, Nr. 13 (1881).

müssen bei unsern Kulturеingriffen auch auf künstlichen Wundschutz bedacht sein. Besser sind in dieser Beziehung die Nadelhölzer eingerichtet; bei ihnen sehen wir sowohl durch Austritt von schon vorgebildetem, in Gängen befindlichem Harze, als auch durch Neubildung in Folge Zersetzung der Wundfläche dieselbe mit einer Glasur von Harz versehen, welche die Einwirkung der Atmosphärilien abschneidet.

Von den künstlichen Hülfsmitteln lassen sich selbstverständlich nur einige hier anführen, da Baumzüchter von Fach und Liebhaber miteinander wetteifern, immer neue Combinationen zu erfinden. Eine sehr alte, aber in vereinfachter Form noch vielfach gebräuchliche Mischung ist der Forsyth'sche Baumkitt, der aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts datirt. Das Recept dazu soll der König von England mit 45000 M bezahlt haben.[1]) Dieser Kitt besteht aus einer breiartig zusammengekneteten Mischung von 16 Theilen Kuhmist, 8 Theilen trocknem Kalk von einem alten Hause, ebenso viel Holzasche und 1 Theil Flußsand. Der Kuhmist kann durch Ochsenblut und der Kalk durch Kreide vertreten werden. Die etwa nur 3 mm dick aufgestrichene Mischung soll mit einem Pulver aus 6 Theilen Holzasche und 1 Theil gebrannter Knochen oder Kreide bestreut und dann die ganze Fläche möglichst geglättet werden. Der Kitt soll, frisch bereitet, bei trocknem Wetter zur Verwendung kommen oder unter Urin aufbewahrt werden.

An Stelle dieser complizirten Mischung haben die neueren Baumzüchter mit gutem Erfolge zum Theer gegriffen. Indeß liegen auch Klagen darüber vor, daß der Theer zu weit in das gesunde Holz eingedrungen ist und dessen Absterben verursacht hat. Diese absprechenden Urtheile mögen durch die Anwendung von Holztheer hervorgerufen worden sein; die günstigen Erfolge sind durch Steinkohlentheer erzielt worden. Man hat bekanntlich Theerringe zur Abhaltung von Raupen und Ameisen empfohlen und auch hierbei ist bisweilen die Erfahrung gemacht worden, daß auf noch glatter Rinde der Theer schädlich gewirkt hat. Die Rinde starb theilweis oder ganz ab; unterhalb des Theerringes entstanden Wasserreiser, während die über demselben liegende Parthie vertrocknete. Um das bei Erwärmung durch die Sonne stattfindende Flüssigwerden und Eindringen in die Rinde zu vermindern, ist eine Mischung von 2 Theilen Theer und 1 Theil gewöhnlichem Copallack empfohlen worden. Beide Substanzen werden kurze Zeit miteinander gekocht und die Mischung gelangt kalt zur Verwendung. Bei alten, hohlgewordenen Stämmen, bei denen oft große Quantitäten des Verschlußmittels erforderlich sind, wurde in England das Verschließen der Höhlung mit Mörtel empfohlen. Dabei wurde aber die Erfahrung gemacht, daß nach kurzer Zeit die Oeffnung nicht mehr vollkommen geschlossen erschien; in Folge dessen versucht man jetzt getheerte Holzpflöcke in

[1]) Willdenow: Grundriß der Kräuterkunde 1831, S. 489.

die Oeffnung fest einzukeilen und den Rand noch einmal zu übertheeren. Die Ueberwallungsränder lagern sich meist im nächsten Jahre schon über den Rand des Pflockes, dessen centraler, getheerter Theil lange der Fäulniß Widerstand leistet.

In Amerika soll ein Mittel unter dem Namen „Plastic Slate“ käuflich zu haben sein; dasselbe besteht aus 1 Theil Steinkohlentheer und 4 Theilen Schieferstaub (slate flour). Die Masse besitzt die Consistenz des Glaserkittes, haftet fest an Holz, Metall und Stein, bleibt elastisch und bewahrt jede Wunde vor dem Einfluß der Atmosphärilien.

Bei Veredlungen sind diejenigen Kitte vorzuziehen, welche neben leichter Handhabung und gutem Verschluß den Vortheil großer, dauernder Nachgiebigkeit für das Dickenwachsthum der Veredlungsstelle verbinden. Sie dürfen keine Pflanzengifte enthalten und nicht bei Erwärmung in das Wundgewebe eindringen. Diesen Ansprüchen genügen einige kaltflüssige Harzmischungen. Am meisten empfehlenswerth ist seiner Billigkeit wegen bei durchaus entsprechender Leistung eine Mischung aus 500 g Weißpech und etwa 100 g hochprozentigem Alkohol. Das Weißpech wird über Feuer zerlassen und sodann der Alkohol eingerührt. Die Mischung giebt einen kaltflüssigen Kitt, bei welchem ich die gefürchteten Nachtheile der Alkoholbeimischung niemals erkennen konnte. Viele Züchter glauben, da der Alkohol ein Pflanzengift ist, eine solche alkoholische Mischung vermeiden zu müssen und wählen statt dessen Gemenge von Harzen, Fetten und Terpenthin.

Cap. V.

Maserbildung.

Bau des normalen Zweiges.

Außer den Verunstaltungen, welche der glatte Stamm durch Ueberwallung von Wundstellen erleidet, sieht man nicht selten kleine, kugelige, vollkommen berindete Holzanschwellungen, die den Namen „Knollen oder Knollenmasern“ führen, an verschiedenen Stellen der Achse entstehen. (Apfel, Eberesche, Birne, Rothbuche, Hainbuche, Pappel, Ceder). Außerdem findet man, bei einzelnen Baumarten in besonderer Häufigkeit auftretend, große, unregelmäßige, flachere, mit rissiger Rinde versehene Geschwülste, aus deren Peripherie hier und da kurze, beblätterte Triebe hervortreten. Wenn man den Rindenkörper von den letztgenannten Anschwellungen entfernt, sieht man den Holzkörper

nicht eine glatte Fläche bilden, sondern in viele, inselartig gruppirte, verschieden hohe, spießig-kegelförmige Erhebungen ausgezogen. Man nennt diese Anschwellungen Masern im engeren Sinne oder „Kropfmasern“. Maserholz ist ein sehr festes, seiner Zeichnung wegen von den Möbeltischlern gesuchtes Nutzholz. (Birke, Ulme, Pappel, Erle, Linde, Ahorn, Birne.)

Obwohl die Knollenbildung in der Regel in die Kropfmaserbildung nicht übergeht, sind doch diese beiden Gebilde bei der Behandlung nicht zu trennen, indem ihr Bau und ihre Entwicklung viel Gemeinsames darbieten. In der Mehrzahl der Fälle dürften sie ihren Ursprung einer abnormen Knospenbildung verdanken. Zum Verständniß der Maserbildungen erscheint es daher nöthig, zunächst die normalen Knospen einer Betrachtung zu unterziehen.

Jede Knospe ist eine kleine Zweiganlage, bestehend aus einem kurzen Achsenkörper und einer Anzahl junger Blatttheile, die unterhalb der Spitze des Achsenkörpers entspringen. Ihre bestimmte Gestalt erhält die Knospe durch die Ausbildung und Lagerung dieser Blattanlagen, die an der zarten Achse (Knospenkern) von unten nach oben als kleine, zartzellige Wülste angelegt werden, aber sich schneller strecken als die Achse, an der sie entstanden. In Folge dessen und durch das schnellere Wachsthum ihrer Unterseite wölben sich die Blättchen fest um den Knospenkern, der sich erst merklich zu verlängern beginnt, wenn die Knospe sich entfaltet. Die häufigste Knospe ist die in den Blattachseln entstehende, von der in Fig. 30, 31, 32 schematische Abbildungen nach von Aepfeln stammenden Präparaten gegeben sind.

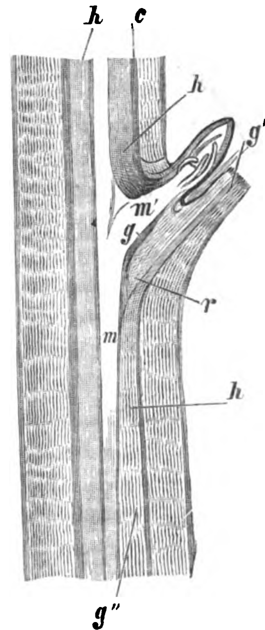


Fig. 30.

Der Achsenkörper der Knospe zeigt in seinem Bau dieselbe Anordnung wie der Zweig, der die Knospe trägt. Wir unterscheiden einen centralen Markcylinder (Fig. 30 m'), der die seitliche Ausstülpung des Zweigmarkes m ist. Der Markkörper der Knospe ist von einem Mantel zarter Gefäßstränge g umgeben, welche die ersten Anlagen des Holzmantels des späteren Zweiges sind und sich mit ihrer Basis an den Holzmantel des Mutterzweiges anlegen. Das Rindengewebe der Augenbasis geht allmählich in das Parenchym des Blattkissens r über.

Im Blattkissen sehen wir einen centralen Gefäßstrang g' neben zwei seitlichen (in der Zeichnung fortgelassenen) Strängen in den Holzkörper des Zweiges hinein schief abwärts steigen, bis er den Markkörper erreicht. Hier hat er die Dimensionen der übrigen, den Holzkörper bildenden Stränge erreicht und

die Oeffnung fest einzukeilen und den Rand noch einmal allmähliche Her-
Ueberwallungsränder lagern sich meist im nächsten der übrigen, sein
Rand des Pflockes, dessen centraler, getheerter Thei dieselbe hat für die
stand leistet. Sichtigkeit und verdient,

In Amerika soll ein Mittel unter dem
zu haben sein; dasselbe besteht aus 1 Th purstrang (Fig. 30 g') seine
Schieferstaub (slate flour). Die Masse t und sich an den Markkörper
haftet fest an Holz, Metall und Stein nahezu anlegt g" einen Querschnitt
vor dem Einfluß der Atmosphärili 1 m) einen ziemlich regelmäßigen Stern

Bei Veredlungen sind dies
Handhabung und gutem Versch
keit für das Dickenwachsthu
Pflanzengifte enthalten
dringen. Diesen Anspr
meisten empfehlensw
Leistung eine Mis
Alkohol. Das
eingerührt.
gefürchtete
Züchter
Misch
Fet

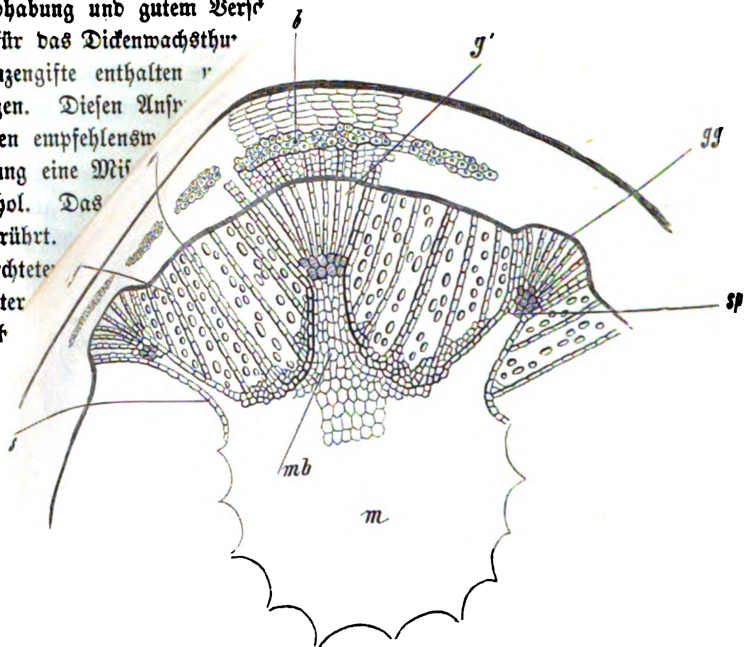


Fig. 31.

darstellen. In der Mehrzahl der Fälle hat dieser Stern 15 Strahlen s, welche den Holzkörper in ebenso viele einzelne, keilförmige Bündel g spalten. Diese Strahlen sind die Markstrahlen; jede der von ihnen eingeschlossenen Parthien ist ein Gefäßbündel. Den in das nächsthöhere Blatt austretenden, mittleren Gefäßstrang (Fig. 30 g') finden wir in Fig. 31 g' wieder. Gleichzeitig sehen wir, daß zu jeder Seite dieses Stranges ein schwächeres Gefäßbündel gg ebenfalls von dem Markkörper herausgetreten ist. Diese schwächeren Bündel eilen dem mittleren voran in ihrem Bestreben, nach der Rinde auszutreten; sie vereinigen sich erst innerhalb des Blattstiels mit dem centralen, doppelt so

Bündel und bilden dort den hufeisenförmigen Gefäßbündel-
der Blattfläche zu einem reichen Adernetze wieder ver-
fall sehen wir am Blattkissen, an der Ablösungsstelle
itliche neben einem centralen, stärkeren Wärzchen;
er drei in den Blattstiel gehenden, eben be-
h schon erkennt man den ungefähren Ver-
Auge jederseits abwärts laufenden, oft scharf

eln erkennt man im Querschnitt bereits die in das
usweichenden 3 Bündel. Das centrale derselben ist nun
. dem centralen des vorhergehenden entfernt. Jedes schwächere
it ungefähr 7—9 Reihen luftführender Spiralgefäße sp in seinem
nentheil, dagegen das mittlere doppelt so viel. Bisweilen sieht man
n von Anfang an dieses stärkere Bündel durch einen breiteren Markstrahl
in 2 Gruppen getheilt und dementsprechend in einem etwas höheren Schnitte
2 Bastkörper um dieses Bündel.

In dem Maße, als die Bündel vom Mark aus nach außen rücken, vergrößert sich die Markausbuchtung oder Markbrücke, die zu demselben führt mb; ist eines der seitlichen Bündel in die Rinde getreten, dann legen sich die die Markbrücke begrenzenden Seitenränder des Holzkörpers wieder aneinander und stellen auf diese Weise den Schluß des Holzringes an dieser Stelle (Fig. 31 s) wieder her.

Fig. 32 stellt die Lagerung der Bündel innerhalb der Basis des Blattkissens dar. Das centrale Blattstielbündel g' und die beiden seitlichen gg liegen bereits nahe der Peripherie der Rinde. Der Holzkörper h des Zweiges hat sich hinter den ausgetretenen Seitenbündeln längst geschlossen (h'); nur da, wo das centrale Bündel abgegangen, ist die Markbrücke mb in ihrer vollen Breite geblieben, wenn auch ihre anatomischen Elemente sich bereits zu ändern beginnen. Wir sehen an der Stelle, wo die Markbrücke in die Rinde tritt, eine starke convexe Ausbuchtung a, über welche hinweg sich die Cambiumzone des Zweiges c zieht. Die Ausbuchtung besteht in ihrem centralen Theil aus zartwandigem Markgewebe, an dessen Peripherie strahlenförmig gestellte, lineare Gruppen derbwandiger Zellelemente sich vorfinden. Diese strahlenförmig gestellten Gruppen sind Gefäßbündel des auswachsenden Auges, die wir in Fig. 30 bei g im Längsschnitt angedeutet finden; sie bilden die Fortsetzung des schmal gewordenen Holzkörpers h' des Mutterzweiges. Der neue Gefäßbündelkörper des Auges legt sich unterhalb der Stelle, aus der der Schnitt entnommen ist, an den alten Holzkörper an; oberhalb derselben emancipirt er sich immer mehr von dem alten Holzkörper, indem die Ausbuchtung a immer größer, immer runder wird und in dem Maße, als sie weiter in die Rinde tritt, einen Cylinder für sich zu bilden beginnt. Endlich ist noch innerhalb des Blattkissens die Trennung

Stoß auf das einem jeden Individuum erbliche Bildungsgesetz ist darum viel seltener folgenreich, weil er sich auf viel zu alte Zellen richtet. Selbst das Cambium bietet gegenüber der bei der geschlechtlichen Zeugung in Betracht kommenden, zartesten, primordialen Zelle schon viel zu entwickelte, geschützte Zustände, welche eines viel derberen Stoßes auf ihre Funktionsrichtung bedürfen, um dieselbe auch nur in unwesentlichen Zügen abzuändern.

Man wird also sagen müssen, daß eine vegetative Bastarderzeugung sehr gut möglich ist und wahrscheinlich um so leichter eintreten wird, je jünger die durch Veredlung vereinigten Theile sind, daß aber im Allgemeinen die Fälle seltener bleiben werden, weil in den vegetativen Achsen die Eigenschaften eine zu große Festigkeit bereits erlangt haben. Deßhalb ist und bleibt als Regel zu betrachten, daß die Merkmale und Eigenschaften bei dem Veredlungsprozeß getreu erhalten werden und Abänderungen die Ausnahme bilden.

Es ist bei Anerkennung dieser Regel also auch nicht mehr wunderbar, daß Krankheitsanlagen durch Veredlung erhalten bleiben. Aussprüche dieser Art finden sich in der gärtnerischen Literatur vielfach angegeben und allerdings auch mehrfach wiederum bekämpft. Mir selbst liegen bestätigende Erfahrungen betreffs der Fortpflanzung des Krebses und des durch Fusicladium pyrinum verursachten Schorfes vor. Krebs ist nach meiner Auffassung eine nicht parasitäre, Schorfkrankheit eine parasitäre Krankheit. Beide bleiben meist auf das kranke Edelreis beschränkt, wenn die Unterlage nicht dafür inclinirt. Betrachten wir die Anlage des Krebses als eine normale Eigenschaft des Baumes, die darin besteht, weiche, frostempfindliche Triebe mit Neigung zu üppigen Ueberwallungsrändern zu produziren, so ist ersichtlich, daß diese Eigenschaft einer Obstsorte nicht so leicht durch den Einfluß der Unterlage geändert werden kann. Unmöglich aber ist es nicht. Der Fall ist recht gut denkbar, daß ein krebsiges Edelreis mit üppigem Wachsthum auf einer Zwergunterlage eine derartig gemäßigte Entwicklung und damit eine derartig langsame Holzproduktion erlangt, daß nun der neu gebildete Edelstamm frosthärter und damit krebslos wird. In wie weit der Ausspruch Hales' auf Thatsachen beruht, daß die Unterlage von krebskranken Edelreisern angesteckt werden kann [1]), ist nicht festzustellen. Neuere Beobachtungen sind mir nicht bekannt geworden; ich selbst habe es nie gesehen. Bei dem Fusicladium ist derselbe Fall denkbar; da dieser Pilz auch fast immer nur an bestimmte Sorten geht. Man kennt zwar noch nicht die übereinstimmenden Eigenthümlichkeiten, welche diese Sorten pilzempfänglich machen, aber die Möglichkeit ist nicht ausgeschlossen, daß diese Eigenschaften durch eine andere Unterlage dem Edelreis genommen und dasselbe damit pilzfrei würde.

---

[1]) Hales: Vegetable Staticks. Second Edition London 1731, S. 147. Another argument for the circulation of the Sap, is, that some sorts of grafts will infect and cancer the stocks they are graffted on.

6. Die natürlichen Verwachsungsprozesse.

Im Anschluß an die durch künstliche Eingriffe betreffs Erreichung eines bestimmten Kulturzweckes erzielten Verwachsungen getrennter Organe mag auch der sehr häufig vorkommenden, vom Zufall abhängigen, natürlichen Verwachsungen gedacht werden.

Am häufigsten treten uns in Hecken die Verschmelzungen zweier Aeste, die aufeinander zu von den verschiedensten Richtungen her gewachsen sein können, entgegen. Dasselbe läßt sich in dichten Baumbeständen an Wurzeln beobachten.

Die Wurzelverwachsungen können in jugendlichem Alter der Organe stattfinden, in welchem die Epidermis noch theilungsfähig ist. Nach Franke[1]) zeigt sich dieser Vorgang bei dem Epheu (Hedera Helix) und der Wachsblume (Hoya carnosa), bei denen die Epidermiszellen zweier benachbarten Wurzeln papillenartig aufeinander zu wachsen und verschmelzen, sodann sich theilen und dadurch ein wenigschichtiges Bindegewebe darstellen, das allerdings nicht die Festigkeit besitzt, wie das aus der Cambiumzone hervorgehende Kittgewebe bei zwei mit Borke versehenen Wurzeln älterer Holzpflanzen. Hier stellt sich derselbe Vorgang, wie bei der Verschmelzung oberirdischer Organe ein. Die Rinde an den Berührungsstellen wird theils nach außen gedrängt, theils inselartig eingeschlossen; das Cambium produzirt auch nicht mehr, so weit der Druck an der Berührungsstelle dauert und verschmilzt zu einer gemeinsamen, beide Wurzeln umfassenden Schicht, die alljährlich bei genügender Ernährung neue Holzlagen über die Verwachsungsstelle legt.

In Wäldern, namentlich Fichten- und Kiefernwaldungen, begegnet man häufig Zwillingsstämmen, welche auf verschieden lange Strecken von der Basis aus miteinander verwachsen sind. Seltener sind die Fälle, in denen Stämme isolirten Ursprungs in den höheren Regionen ihrer Hauptachse miteinander verwachsen.

Eine Verwachsung hochinteressanter Art findet sich in dem Ellguther Forste bei Proskau; sie betrifft eine alte Kiefer, an welche, wie Fig. 29 zeigt, ein zweiter, dünnerer Stamm an mehreren Punkten durch natürliche Ablaktion festgewachsen ist. Seit einer langen Reihe von Jahren (seit 13 Jahren kenne ich den Baum) ist die Basis des schwächeren Stammes vollkommen abgehauen, so daß derselbe seine Nahrung nur von dem Mutterstamm beziehen kann. Beide Stämme sind vollkommen gesund und bilden eine gemeinsame Krone; nur will mir scheinen, als ob der angesäugte Stamm durchschnittlich etwas kurznadeliger wäre.

---

[1]) Franke: Beiträge zur Kenntniß der Wurzelverwachsungen. Beiträge zur Biologie d. Pflanzen von F. Cohn, Bd. III, Heft 3, cit. Bot. Centralbl. 1882, Bd. X, Nr. 11 S. 401.

Von einer anderen Kiefer besitze ich ein Stammstück, bei welchem die Spitze eines etwa 5 cm dicken Astes in die Hauptachse hinein sich gebohrt hat und in derselben gänzlich verschwunden ist. Es ist dies ein Beispiel für die sog. „gehenkelten Stämme".

Sämmtliche Vorgänge dieser Art beruhen auf der Fähigkeit des cambialen Gewebes, Verkittungsschichten zwischen verschiedenen Achsen zu bilden. Die Prozesse unterscheiden sich von den Veredlungen nur dadurch, daß die später miteinander verwachsenden Cambialschichten zunächst durch die Rinde der Pflanzentheile von einander geschieden sind. Diese muß erst durch allmähliche Reibung entfernt werden. Ist die Verschmelzung der Achsen vor sich gegangen, dann lagert sich alljährlich ein zusammenhängender Holzmantel über die Verwachsungsstelle. Manchmal liegen größere, braune Parthien abgestorbener Rinde mitten in der Verwachsungsfläche, was sich durch die unebene Beschaffenheit der miteinander in Berührung tretenden Achsen erklären läßt. Wenn zwei mit Borkenschuppen bekleidete Stämme einander berühren, so reiben sich zunächst die hervorragendsten Stellen gegenseitig ab und verwachsen miteinander zuerst; wenn der gegenseitige Druck nicht so groß ist, daß die Stämme ihrer ganzen Länge nach zwischen je zwei solchen primären Verwachsungsstellen einander berühren, dann bleibt eine innere Parthie mit Rinde von den verwachsenen, vorspringenden Außenparthien eingeschlossen.

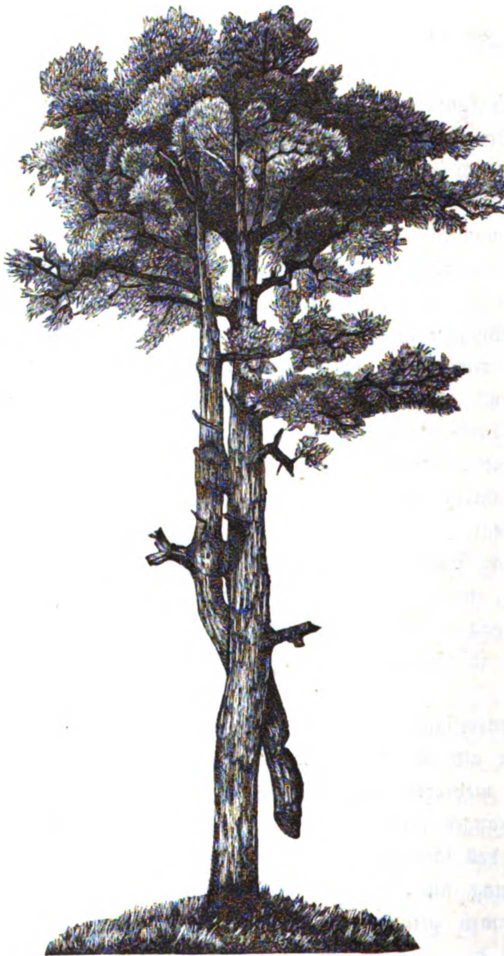


Fig. 29.

Manchmal zeigt der Querschnitt der Basis eines Zwillingsstammes drei Centren. Bei Coniferen ist der mittelste, dritte Stamm in der Regel verkiehnt. Hier ist jedenfalls in der Jugend der Gipfel der Hauptachse abgebrochen worden und zwei Seitenaugen haben das Wachsthum übernommen. Anstatt wagrechte Aeste zu bilden, haben sich diese zu zwei Gipfeltrieben entwickelt, welche nach einer längeren Reihe von Jahren die absterbende Hauptachse gedrückt und endlich umwallt haben. Ihre gegenseitigen Umwallungsränder haben sich allmählich miteinander vereinigt, und schließlich ist ein einziger, zusammengedrückter Cylinder aus den 3 Achsen geworden.

Daß die Verwachsung auch zwischen Theilen von Individuen verschiedener Arten vor sich gehen kann, ist nach den bei dem Veredlungsprozesse bekannt gewordenen Versuchen als feststehende Thatsache anzunehmen. Fichten und Tannen, Aepfel und Birnen und diese mit Quitte, Mandel mit Pflaume u. dgl. dürfen als bekannte Beispiele gelten. Es ist jedoch auch hier sicherlich eine Grenze in der Verwandtschaft der Pflanzen vorhanden, über welche hinaus eine wirkliche Verwachsung trotz innigster Berührung und Reibung nicht statthaben wird. Es finden sich zwar in der Literatur eine ganze Anzahl Beispiele von Verwachsungen sehr heterogener Pflanzen, indeß beruht gewiß ein Theil dieser Angaben auf irrthümlicher Beobachtung [1]), indem man Verwachsungen annahm, wo nur Umwachsungen stattfanden.

Nach den bisher so ausführlich dargestellten Vorgängen der Wundheilung dürfen wir hier wohl, ohne mißverstanden zu werden, aussprechen, daß sich der scheinbar so starre Holzkörper eines Baumes in alle möglichen Formen bringen läßt, wenn das aus dem Cambiumringe hervorgehende Gewebe in bestimmter Weise eingeengt wird. Man kann auch bildlich recht gut sagen, daß sich der Holzstamm um alle, seinem Dickenwachsthum dauernd im Wege stehenden Körper herumgießt, dieselben überwölbt und gänzlich einzuschließen im Stande ist. Die Beispiele von sog. eingewachsenen Steinen, Fichtenzapfen, ja selbst Thiermumien sind mehrfach beobachtet worden.

7. Wundschluß und Baumkitt.

Nachdem wir gesehen, daß die Wachsthumsvorgänge, welche bei unsern Kulturbäumen behufs Schließung der Wunden eingeleitet werden, in gleicher Weise sich überall einstellen, müssen wir nun erörtern, in welcher Form das verwundete Gewebe sich schützt oder geschützt werden muß, bevor Ueberwallungsschluß eintritt. Dieser Wundschutz ist bei den einzelnen Baumarten keineswegs gleichartig, und wir werden uns sagen müssen, daß der Schluß um so schlechter

---

[1]) Moquin Tandon: Pflanzen-Teratologie, deutsch von Schauer 1842, S. 274. Masters: Vegetable Teratologie 1869, S. 55.

ist, je länger er den Einfluß der Atmosphäre auf das lebende, bloßgelegte Gewebe zuläßt.

Vom natürlichen Wundschutz haben wir theilweis schon gesprochen, insofern er durch Korkbildung hervorgerufen wird. Bei dem Holzkörper der Bäume aber findet sich keine die Wundfläche schnell deckende Korklage, sondern eine andere Einrichtung, auf welche Böhm [1]) neuerdings aufmerksam gemacht hat. Es füllen sich nämlich die Gefäße dort überall mit Thyllen oder einer gummiartigen, in kochender Salpetersäure meist leicht (bei den Correen schwer) löslichen Substanz (Wundgummi), wo gesundes an abgestorbenes Holz grenzt. Die Thyllen sind in der Regel von etwas Gummi begleitet. Beide Ausfüllungsarten machen das Holz der Aststumpfe für Wasser und Luft schwer durchdringbar und bilden innerhalb der Vegetationszeit einen schnellen Verschluß. Aus dieser Beobachtung ergiebt sich, daß wir gut thun, im Winter kurz vor Beginn der cambialen Thätigkeit die Bäume auszuschneiden.

Bei einer größeren Anzahl von Holzgewächsen füllen sich die Gefäße und häufig auch einzelne der andern Holzelemente mit kohlensaurem Kalk [2]). Derselbe zeigt sich in der Regel im Kernholz und denjenigen Gewebepartien, deren Zellen dem Kernholz ähnliche chemische und physikalische Beschaffenheit haben, wie das vom Kernholz umschlossene Mark und das todte, verfärbte Holz im Astknoten und an Wundstellen. Diese Ausfüllung ist eine meist so vollständige, daß man nach dem Verbrennen solcher Holztheilchen solide Kalkabgüsse der Zellen sieht, welche den Kalk enthalten haben. Der Vorgang läßt sich so erklären, daß überall da, wo sich für das die Holzzellen und Gefäße durcheilende Bodenwasser, das den Kalk als doppelt kohlensauren enthält, Gelegenheit findet, Kohlensäure abzugeben, sich der nun nicht mehr gelöste Kalk als Niederschlag auf der Innenseite der Gefäße absetzt. Im lebendigen Kernholze, das nicht wie der Splint noch das Kalksalz schnell verarbeitet, wird eine jede Temperaturerhöhung ein Entweichen von Kohlensäure veranlassen und einen Niederschlag von Kalk einleiten. Bei den Wunden wird durch das Freilegen des Gewebes ebenfalls die Kohlensäure verschwinden. Während nun der Splint, der keinen Kalk ablagert, durch die Thyllen- resp. Gummibildung (wahrscheinlich in Folge des Eintritts von Luft in vorher saftführende Gefäße) sich vor dem Eintritt der Atmosphäre schützt, sehen wir bei dem Kernholz die Kalkablagerung als Schutzmittel auftreten.

Indessen ist bei unsern Laubbäumen der Eintritt der Wundfäule trotz dieser natürlichen Vorbaumittel doch eine sehr allgemeine Erscheinung, und wir

---

[1]) Böhm: Ueber die Function der vegetabilischen Gefäße. Bot. Zeit. 1879, S. 229.

[2]) Molisch: Ueber die Ablagerung von kohlensaurem Kalk im Stamme dicotyler Holzgewächse. Sitzungsber. d. mathem.-naturwissenschaftl. Klasse d. k. Akad. d. Wissensch. zu Wien, Bd. LXXXIII, Nr. 13 (1881).

müssen bei unsern Kultureingriffen auch auf künstlichen Wundschutz bedacht sein. Besser sind in dieser Beziehung die Nadelhölzer eingerichtet; bei ihnen sehen wir sowohl durch Austritt von schon vorgebildetem, in Gängen befindlichem Harze, als auch durch Neubildung in Folge Zersetzung der Wundfläche dieselbe mit einer Glasur von Harz versehen, welche die Einwirkung der Atmosphärilien abschneidet.

Von den künstlichen Hülfsmitteln lassen sich selbstverständlich nur einige hier anführen, da Baumzüchter von Fach und Liebhaber miteinander wetteifern, immer neue Combinationen zu erfinden. Eine sehr alte, aber in vereinfachter Form noch vielfach gebräuchliche Mischung ist der Forsyth'sche Baumkitt, der aus der Mitte des vorigen Jahrhunderts datirt. Das Recept dazu soll der König von England mit 45000 M bezahlt haben.[1]) Dieser Kitt besteht aus einer breiartig zusammengekneteten Mischung von 16 Theilen Kuhmist, 8 Theilen trocknem Kalk von einem alten Hause, ebenso viel Holzasche und 1 Theil Flußsand. Der Kuhmist kann durch Ochsenblut und der Kalk durch Kreide vertreten werden. Die etwa nur 3 mm dick aufgestrichene Mischung soll mit einem Pulver aus 6 Theilen Holzasche und 1 Theil gebrannter Knochen oder Kreide bestreut und dann die ganze Fläche möglichst geglättet werden. Der Kitt soll, frisch bereitet, bei trocknem Wetter zur Verwendung kommen oder unter Urin aufbewahrt werden.

An Stelle dieser complizirten Mischung haben die neueren Baumzüchter mit gutem Erfolge zum Theer gegriffen. Indeß liegen auch Klagen darüber vor, daß der Theer zu weit in das gesunde Holz eingedrungen ist und dessen Absterben verursacht hat. Diese absprechenden Urtheile mögen durch die Anwendung von Holztheer hervorgerufen worden sein; die günstigen Erfolge sind durch Steinkohlentheer erzielt worden. Man hat bekanntlich Theerringe zur Abhaltung von Raupen und Ameisen empfohlen und auch hierbei ist bisweilen die Erfahrung gemacht worden, daß auf noch glatter Rinde der Theer schädlich gewirkt hat. Die Rinde starb theilweis oder ganz ab; unterhalb des Theerringes entstanden Wasserreiser, während die über demselben liegende Parthie vertrocknete. Um das bei Erwärmung durch die Sonne stattfindende Flüssigwerden und Eindringen in die Rinde zu vermindern, ist eine Mischung von 2 Theilen Theer und 1 Theil gewöhnlichem Copallack empfohlen worden. Beide Substanzen werden kurze Zeit miteinander gekocht und die Mischung gelangt kalt zur Verwendung. Bei alten, hohlgewordenen Stämmen, bei denen oft große Quantitäten des Verschlußmittels erforderlich sind, wurde in England das Verschließen der Höhlung mit Mörtel empfohlen. Dabei wurde aber die Erfahrung gemacht, daß nach kurzer Zeit die Oeffnung nicht mehr vollkommen geschlossen erschien; in Folge dessen versucht man jetzt getheerte Holzpflöcke in

[1]) Willdenow: Grundriß der Kräuterkunde 1831, S. 489.

die Oeffnung fest einzukeilen und den Rand noch einmal zu übertheeren. Die Ueberwallungsränder lagern sich meist im nächsten Jahre schon über den Rand des Pflockes, dessen centraler, getheerter Theil lange der Fäulniß Widerstand leistet.

In Amerika soll ein Mittel unter dem Namen „Plastic Slate“ käuflich zu haben sein; dasselbe besteht aus 1 Theil Steinkohlentheer und 4 Theilen Schieferstaub (slate flour). Die Masse besitzt die Consistenz des Glaserkittes, haftet fest an Holz, Metall und Stein, bleibt elastisch und bewahrt jede Wunde vor dem Einfluß der Atmosphärilien.

Bei Veredlungen sind diejenigen Kitte vorzuziehen, welche neben leichter Handhabung und gutem Verschluß den Vortheil großer, dauernder Nachgiebigkeit für das Dickenwachsthum der Veredlungsstelle verbinden. Sie dürfen keine Pflanzengifte enthalten und nicht bei Erwärmung in das Wundgewebe eindringen. Diesen Ansprüchen genügen einige kaltflüssige Harzmischungen. Am meisten empfehlenswerth ist seiner Billigkeit wegen bei durchaus entsprechender Leistung eine Mischung aus 500 g Weißpech und etwa 100 g hochprozentigem Alkohol. Das Weißpech wird über Feuer zerlassen und sodann der Alkohol eingerührt. Die Mischung giebt einen kaltflüssigen Kitt, bei welchem ich die gefürchteten Nachtheile der Alkoholbeimischung niemals erkennen konnte. Viele Züchter glauben, da der Alkohol ein Pflanzengift ist, eine solche alkoholische Mischung vermeiden zu müssen und wählen statt dessen Gemenge von Harzen, Fetten und Terpenthin.

Cap. V.

Maserbildung.

Bau des normalen Zweiges.

Außer den Verunstaltungen, welche der glatte Stamm durch Ueberwallung von Wundstellen erleidet, sieht man nicht selten kleine, kugelige, vollkommen berindete Holzanschwellungen, die den Namen „Knollen oder Knollenmasern“ führen, an verschiedenen Stellen der Achse entstehen. (Apfel, Eberesche, Birne, Rothbuche, Hainbuche, Pappel, Ceder). Außerdem findet man, bei einzelnen Baumarten in besonderer Häufigkeit auftretend, große, unregelmäßige, flachere, mit rissiger Rinde versehene Geschwülste, aus deren Peripherie hier und da kurze, beblätterte Triebe hervortreten. Wenn man den Rindenkörper von den letztgenannten Anschwellungen entfernt, sieht man den Holzkörper

nicht eine glatte Fläche bilden, sondern in viele, inselartig gruppirte, verschieden hohe, spießig-kegelförmige Erhebungen ausgezogen. Man nennt diese Anschwellungen Masern im engeren Sinne oder „Kropfmasern". Maserholz ist ein sehr festes, seiner Zeichnung wegen von den Möbeltischlern gesuchtes Nutzholz. (Birke, Ulme, Pappel, Erle, Linde, Ahorn, Birne.)

Obwohl die Knollenbildung in der Regel in die Kropfmaserbildung nicht übergeht, sind doch diese beiden Gebilde bei der Behandlung nicht zu trennen, indem ihr Bau und ihre Entwicklung viel Gemeinsames darbieten. In der Mehrzahl der Fälle dürften sie ihren Ursprung einer abnormen Knospenbildung verdanken. Zum Verständniß der Maserbildungen erscheint es daher nöthig, zunächst die normalen Knospen einer Betrachtung zu unterziehen.

Jede Knospe ist eine kleine Zweiganlage, bestehend aus einem kurzen Achsenkörper und einer Anzahl junger Blatttheile, die unterhalb der Spitze des Achsenkörpers entspringen. Ihre bestimmte Gestalt erhält die Knospe durch die Ausbildung und Lagerung dieser Blattanlagen, die an der zarten Achse (Knospenkern) von unten nach oben als kleine, zartzellige Wülste angelegt werden, aber sich schneller strecken als die Achse, an der sie entstanden. In Folge dessen und durch das schnellere Wachsthum ihrer Unterseite wölben sich die Blättchen fest um den Knospenkern, der sich erst merklich zu verlängern beginnt, wenn die Knospe sich entfaltet. Die häufigste Knospe ist die in den Blattachseln entstehende, von der in Fig. 30, 31, 32 schematische Abbildungen nach von Aepfeln stammenden Präparaten gegeben sind.

Fig. 30.

Der Achsenkörper der Knospe zeigt in seinem Bau dieselbe Anordnung wie der Zweig, der die Knospe trägt. Wir unterscheiden einen centralen Markcylinder (Fig. 30 m'), der die seitliche Ausstülpung des Zweigmarkes m ist. Der Markkörper der Knospe ist von einem Mantel zarter Gefäßstränge g umgeben, welche die ersten Anlagen des Holzmantels des späteren Zweiges sind und sich mit ihrer Basis an den Holzmantel des Mutterzweiges anlegen. Das Rindengewebe der Augenbasis geht allmählich in das Parenchym des Blattkissens r über.

Im Blattkissen sehen wir einen centralen Gefäßstrang g' neben zwei seitlichen (in der Zeichnung fortgelassenen) Strängen in den Holzkörper des Zweiges hinein schief abwärts steigen, bis er den Markkörper erreicht. Hier hat er die Dimensionen der übrigen, den Holzkörper bildenden Stränge erreicht und

bildet nun selbst einen integrirenden Theil desselben. Dieses allmähliche Heraustreten eines Gefäßstranges aus dem concentrischen Ringe der übrigen, sein Ausweichen in die Rinde, sowie sein Durchbruch durch dieselbe hat für die spätere Betrachtung der Knollenbildung eine besondere Wichtigkeit und verdient, in einem Querschnitt studirt zu werden.

Wenn man an einer Stelle, wo der Blattspurstrang (Fig. 30 g') seine absteigende Bahn noch nicht ganz vollendet hat und sich an den Markkörper des Zweiges noch nicht vollkommen, aber nahezu anlegt g" einen Querschnitt macht, sieht man den Markkörper (Fig. 31 m) einen ziemlich regelmäßigen Stern

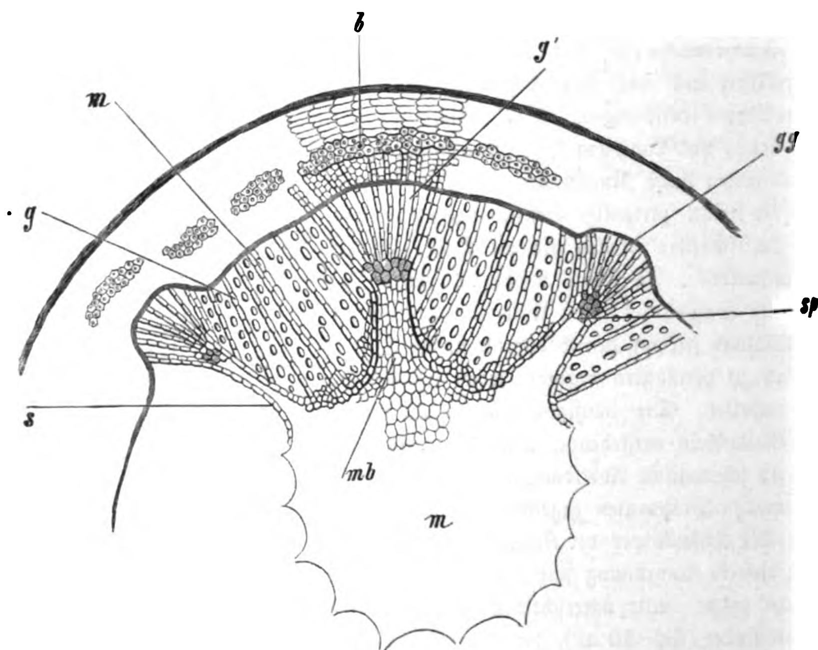


Fig. 31.

darstellen. In der Mehrzahl der Fälle hat dieser Stern 15 Strahlen s, welche den Holzkörper in ebenso viele einzelne, keilförmige Bündel g spalten. Diese Strahlen sind die Markstrahlen; jede der von ihnen eingeschlossenen Parthien ist ein Gefäßbündel. Den in das nächsthöhere Blatt austretenden, mittleren Gefäßstrang (Fig. 30 g') finden wir in Fig. 31 g' wieder. Gleichzeitig sehen wir, daß zu jeder Seite dieses Stranges ein schwächeres Gefäßbündel gg ebenfalls von dem Markkörper herausgetreten ist. Diese schwächeren Bündel eilen dem mittleren voran in ihrem Bestreben, nach der Rinde auszutreten; sie vereinigen sich erst innerhalb des Blattstiels mit dem centralen, doppelt so

starken, mittleren Bündel und bilden dort den hufeisenförmigen Gefäßbündelkörper, der sich in der Blattfläche zu einem reichen Adernetze wieder verzweigt. Nach dem Laubfall sehen wir am Blattkissen, an der Ablösungsstelle des Blattstiels, 2 kleinere, seitliche neben einem centralen, stärkeren Wärzchen; es sind dies die Bruchstellen der drei in den Blattstiel gehenden, eben beschriebenen Gefäßbündel. Aeußerlich schon erkennt man den ungefähren Verlauf dieser Bündel an den vom Auge jederseits abwärts laufenden, oft scharf erhabenen Längslinien.

Außer diesen Bündeln erkennt man im Querschnitt bereits die in das zweithöhere Blatt ausweichenden 3 Bündel. Das centrale derselben ist nun etwa 145⁰ von dem centralen des vorhergehenden entfernt. Jedes schwächere Bündel enthält ungefähr 7 — 9 Reihen luftführender Spiralgefäße sp in seinem Markkronentheil, dagegen das mittlere doppelt so viel. Bisweilen sieht man schon von Anfang an dieses stärkere Bündel durch einen breiteren Markstrahl in 2 Gruppen getheilt und dementsprechend in einem etwas höheren Schnitte 2 Bastkörper um dieses Bündel.

In dem Maße, als die Bündel vom Mark aus nach außen rücken, vergrößert sich die Markausbuchtung oder Markbrücke, die zu demselben führt mb; ist eines der seitlichen Bündel in die Rinde getreten, dann legen sich die die Markbrücke begrenzenden Seitenränder des Holzkörpers wieder aneinander und stellen auf diese Weise den Schluß des Holzringes an dieser Stelle (Fig. 31 s) wieder her.

Fig. 32 stellt die Lagerung der Bündel innerhalb der Basis des Blattkissens dar. Das centrale Blattstielbündel g' und die beiden seitlichen gg liegen bereits nahe der Peripherie der Rinde. Der Holzkörper h des Zweiges hat sich hinter den ausgetretenen Seitenbündeln längst geschlossen (h'); nur da, wo das centrale Bündel abgegangen, ist die Markbrücke mb in ihrer vollen Breite geblieben, wenn auch ihre anatomischen Elemente sich bereits zu ändern beginnen. Wir sehen an der Stelle, wo die Markbrücke in die Rinde tritt, eine starke convexe Ausbuchtung a, über welche hinweg sich die Cambiumzone des Zweiges c zieht. Die Ausbuchtung besteht in ihrem centralen Theil aus zartwandigem Markgewebe, an dessen Peripherie strahlenförmig gestellte, lineare Gruppen derbwandiger Zellelemente sich vorfinden. Diese strahlenförmig gestellten Gruppen sind Gefäßbündel des auswachsenden Auges, die wir in Fig. 30 bei g im Längsschnitt angedeutet finden; sie bilden die Fortsetzung des schmal gewordenen Holzkörpers h' des Mutterzweiges. Der neue Gefäßbündelkörper des Auges legt sich unterhalb der Stelle, aus der der Schnitt entnommen ist, an den alten Holzkörper an; oberhalb derselben emancipirt er sich immer mehr von dem alten Holzkörper, indem die Ausbuchtung a immer größer, immer runder wird und in dem Maße, als sie weiter in die Rinde tritt, einen Cylinder für sich zu bilden beginnt. Endlich ist noch innerhalb des Blattkissens die Trennung

vollständig geworden. Zwischen a und dem Holzkörper h' des Zweiges lagert sich grüne Rinde; a ist eine selbständige junge Achse geworden; die Ränder des alten Holzkörpers h' schließen sich, indem die Cambiumzone c der neuen Knospenachse verbleibt und der Cambiummantel o des Mutterzweiges nun innerhalb der ausgeschiedenen Zweiganlage verläuft und wieder normale Holzelemente bildet. Die breite Markbrücke mb hat schon früh vor der Lösung der Zweiganlage vom Holzkörper begonnen, in ihrem nach dem Marke zugewendeten Theile dickwandigere Elemente zu bilden, in denen weiter im Zweige aufwärts (die durch das γ links von m' Fig. 30 bezeichnete Region) Gefäße und dann Holzzellen erscheinen, bis sich ihre Elemente nicht mehr von den angrenzenden Holzelementen unterscheiden und auch hier der vollkommene Schluß des Holzringes des Zweiges eingetreten ist.

Wir versuchen, durch Wiederholung des Gesagten in einer besonderen Figurenerklärung die Darstellung deutlicher zu machen.

Fig. 30. Schematischer Längsschnitt eines jungen, einjährigen Apfelzweiges. m Markkörper des Zweiges, m' Knospenmark, h Holzkörper, c Cambium, g' centrales Gefäßbündel des Blattstiels, das sich nach unten in den Holzkörper des Stammes einkeilt, bis es mit seinem aus Spiralgefäßen gebildeten Innentheil den Markkörper berührt und einen integrirenden Theil des Holzmantels darstellt. g der zunächst aus Spiralgefäßen bestehende, jugendliche Holzmantel der Knospe, der sich oberhalb und seitlich an den Holzkörper des Zweiges anlehnt, unterhalb in seiner mittleren Ebene auf den austretenden Gefäßstrang des Blattstiels trifft; nur hier laufen die Holzelemente des Stammes und der Knospe annähernd parallel und bilden eine festere Verbindung, während oben und an den Seiten die Zellen und Gefäße der Knospe hauptsächlich quer zur Richtung der Holzfasern des Zweiges verlaufen und nur durch die äußeren, kurz umbiegenden Elemente mit jenen verbunden sind. Daher erklärt sich das leichte Ausbrechen der Knospe resp. des Zweiges aus der Mutterachse und Rinde.

Fig. 31. Querschnitt desselben Internodiums in einer tieferen Region, wo eine Anlage für das Auge noch nicht vorhanden ist; der Blattspurstrang g' mit seinem doppelten Baststrange bildet noch einen Theil des Holzcylinders des Zweiges; er sowohl, wie die ihn begleitenden seitlichen Bündel sind noch nicht fächerförmig gelockert, sondern besitzen noch die keilförmige Gestalt der übrigen Bündel des Zweiges; sp sind die Spiralgefäßgruppen, welche ursprünglich in der Markkrone lagen. Aus den ungleich großen Vorsprüngen der Bündel in der Rinde erkennt man die Reihenfolge, in der sie ursprünglich vom Markkörper zurückzuweichen begannen; damit zusammenhängend sehen wir die Markbrücken sich um so mehr verschmälern, je weiter das Bündel schon aus dem Holzkörper herausgerückt ist, bis sich die Lücke im Holz nach dem vollkommenen Austritt des Bündels gänzlich schließt s.

Fig. 32. Querschnitt aus der Basis des Blattkissens des einjährigen Apfelzweiges. g' centrales, gg seitliches Gefäßbündel des Blattstiels bereits

innerhalb der Rinde. Von dem seitlichen Drucke des Holzkörpers befreit, haben sich die Bündel gelockert; sie bestehen hier aus fächerförmig divergirenden Reihen, die größtentheils aus Gefäßen und zwar schräg aufwärts verlaufenden, durch Markstrahlparenchym getrennten Spiralgefäßen zusammengesetzt sind, ihr Hartbasttheil b' besteht aus wenigen Reihen; a der Holzcylinder des heraustretenden Auges; er zeigt sich in seitlicher Verbindung mit dem alten Holzkörper h' und besteht aus einzelnen Gefäßbündeln zwischen verhältnißmäßig breiten Markstrahlen. Die Bündel lassen im Holzkörper Spiralgefäße, im Basttheil einzelne, bereits stark- verdickte Hartbastzellen b" erkennen. Um den als halbkreisförmige Ausstülpung des Zweigholzkörpers erscheinenden, jungen Holzmantel des Auges zieht sich ununterbrochen die Cambiumzone c; mb die in das Auge sich fortsetzende Markbrücke, b die Hartbastbündel des Zweiges, bs die Bastscheide und die daran stoßenden, concentrischen Zellschichten der Rinde.

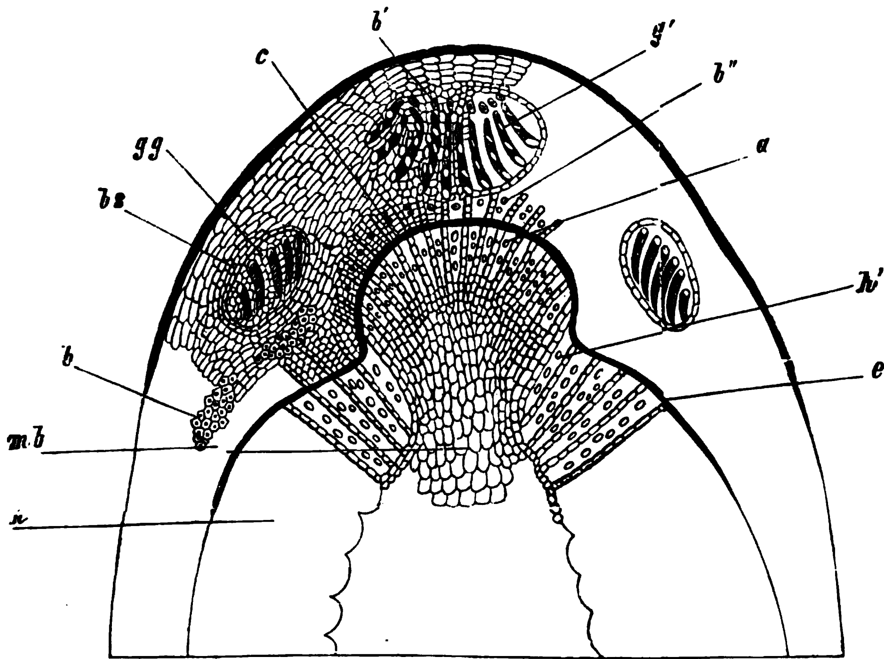


Fig. 32.

Wenn die Ausbuchtung a (Fig. 32) sich gänzlich von dem Holzkörper des Zweiges h' getrennt hat und als gesonderter, mit eigenem Mark versehener Knospencylinder sich seitlich von der Mutterachse abgezweigt hat, erscheint er als ein mit seinem Holze dem Holzkörper des Zweiges stumpf aufgesetzter Kegel,

dessen Mark durch eine Oeffnung im Holzkörper des Zweiges mit dem Mark des Letzteren in Verbindung bleibt.

Wenn im nächsten Frühjahr die Cambiumthätigkeit des Mutterzweiges erwacht und neue Holzelemente bildet, lagern sich dieselben um den Knospencylinder herum, indem sie in ihrem Längsverlaufe von der senkrechten Richtung abweichen und den Knospencylinder wie einen fremden Körper umgehen. Wenn die Knospe ihrerseits sich streckt und zum Seitenzweige mit Blättern sich ausbildet, verdickt sie durch die Thätigkeit ihrer Blätter ihren Holzring beträchtlich.

Da aber die Verdickung jedes Holzcylinders von dem Cambiummantel erfolgt und der Cambiummantel des jungen Zweiges in die Cambiumzone des Mutterzweiges übergeht, so erstreckt sich die Bildung des neuen Holzmantels des jungen Zweiges nur bis zur Cambiumzone des Mutterzweiges. Diese rückt aber in jedem Jahre mehr nach außen und schließt somit in jedem Jahre ein um so größeres Stück des Holzcylinders des Seitenzweiges von der Verdickung aus. Dieser zeigt sich daher nach mehreren Jahren, wie ein spitz nach dem Marke verlaufender Kegel in der Mutterachse. Fig. 33 zeigt die Ausbildung einer solchen Seitenachse innerhalb ihrer Mutterachse; v^1 v^2 v^3 sind die Jahresholzlagen, welche sich allmählich über die Zweigbasis gelagert haben und welche in die gleichzeitig entstandenen Holzlagen des Zweiges übergehen. Wir sehen dabei, wie der Zweig immer dicker wird, je weiter er nach der Rinde hinausrückt. Das anschaulichste Bild liefert Fig. 34, welche den Querschnitt eines Fichtenstämmchens darstellt, dessen centrale Holzschichten herausgefault sind. Nur die dichter gebauten, von Harz durchtränkten Aeste haben dem Fäulnißprozeß widerstanden und ragen wie feste Nägel in den Raum der ehemaligen Holzmasse hinein. Solche verharzte Astbasen führen den Namen „Hornäste“.

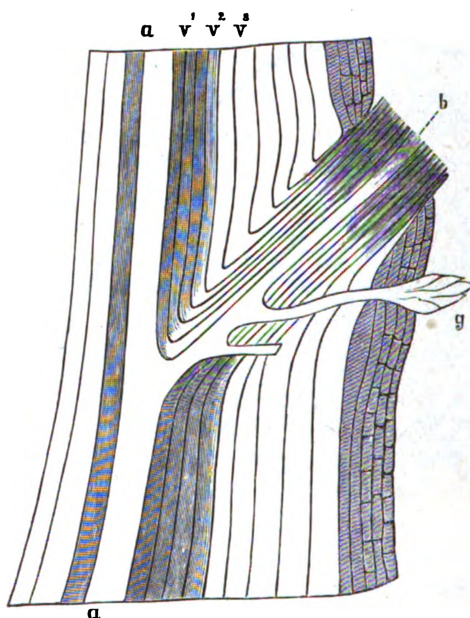


Fig. 33.

Nicht immer aber gelangt die angelegte Knospe zur Ausbildung; sie kann im Ruhezustande verharren, während die sie tragende Achse alljährlich

neue Holzlagen ansetzt und diese den in der Rinde befindlichen Theil der Knospe von dem am Marke verbleibenden Basaltheil immer mehr entfernen.

Man nennt derartige Knospen, welche mehrere Jahre hindurch ein latentes Leben führen, „ruhende Knospen" oder Proventivknospen; sie sind nicht mit den Adventivknospen zu verwechseln, von denen sie sich durch den Verlauf ihres Markkörpers unterscheiden. Während dieser bei der Proventivknospe

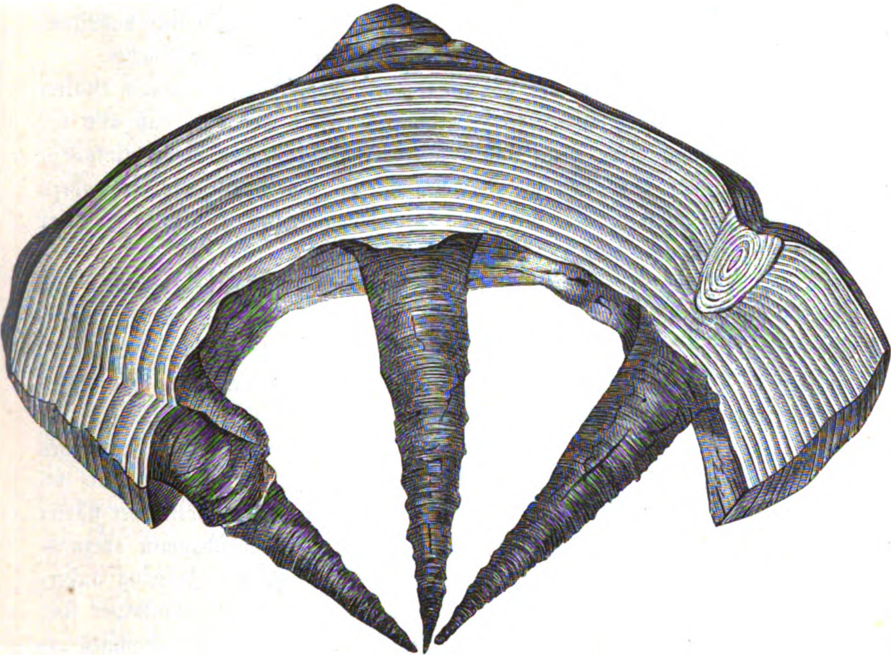


Fig. 34.

immer eine Ausstrahlung des Markkörpers der Mutterachse ist, läßt sich derselbe bei der Adventivknospe nur bis zu einem späteren Jahresringe verfolgen, ist also die Neubildung eines späteren Jahres.

Entwicklungsmodus des Zweiges.

Die Ueppigkeit des Holztriebes richtet sich zum Theil nach der Knospe, aus der er hervorgeht. Triebe von ruhend gewesenen Knospen sind meist schwächlich, kurzgliederig, während die Triebe aus einzeln stehenden Adventivknospen kräftig, mit langen Internodien und gut ausgebildeten Blättern erscheinen. Man kann in Rücksicht auf die Schnelligkeit des Wachsthums der Triebe im Allgemeinen behaupten, daß das Wachsthum ein um so schnelleres ist, je weniger lange Zeit der Trieb im Knospenzustande verbracht hat. Die Proventivtriebe sind die

langsamst wachsenden; dann kommt von einjährigen Knospen der **Maitrieb** d. i. derjenige, welcher aus überwinterten Knospen stammt; schneller wächst in der Regel noch der **Johannistrieb**, der aus **diesjährigen**, zur Ruhe gelangten Knospen entspringt. Bei manchen Bäumen, wie z. B. häufig bei Ahorn, fällt allerdings der Unterschied zwischen Mai- und Johannistrieb fort, da die Zweige ununterbrochen fortwachsen können. Die üppigsten (geilsten) Triebe sind aber die **anticipirten**, **proleptischen** oder **vorzeitigen Triebe**, welche sich kurz nach Anlage der Hauptachse schon in den Blattachseln ausbilden und das Stadium einer geschlossenen Knospe gar nicht erst durchmachen.

Es ist leicht einzusehen, daß von der weiteren Ausbildung der jungen Blätter einer Knospe die Ausbildung des Holzringes derselben abhängt, daß also der eigene Holzcylinder einer viele Jahre unentwickelt bleibenden Proventivknospe kaum merklich sein wird und die Knospenspur im Querschnitt wie ein nahezu ganz horizontal verlaufender, mit wenig prosenchymatischen Elementen gedeckter Markstrang erscheinen muß (s. später Fig. 36).

Bei den verschiedenen Baumarten in verschiedenem Maße entwickeln sich eine Anzahl Seitenaugen des Zweiges anstatt zu langen Trieben nur zu kurzen, eine Rosette von Blättern tragenden **Kurztrieben** [Brachyblasten[1]), **Stauchlingen**[2])]. Diese Kurztriebe, welche in ihrer Entwicklung zwischen den Proventivknospen und den Langtrieben stehen, verdicken alljährlich ihre eigne Achse, aber verlängern dieselbe nur um ein Geringes. Die Ausbildung ihres Holzringes hängt übrigens von dem Charakter der Kurztriebe ab. Stellen sie, wie bei vielen unserer Waldbäume, reine Laubtriebe dar, dann ist der Holzkörper stärker entwickelt, als wenn der Kurztrieb, wie bei unseren Kernobstbäumen vorzugsweise Blüthenknospenträger wird. In diesem Falle ist der Holzring außerordentlich schwach, der Markkörper dagegen und auch der Rindenkörper sind sehr stark entwickelt und reichlichst mit Stärke zur Ruhezeit des Baumes erfüllt; sie bilden also dann die den Blüthenknospen nothwendigen Speicher von Reservenahrung in möglichst vollendeter Form.

In der Anlage, wie in der Entwicklung der Augen eines Zweiges herrscht eine bestimmte, meist nur durch außergewöhnliche Eingriffe zu alterirende Gesetzmäßigkeit; dieselbe zeigt sich in der Entwicklung der Blätter und der Internodien.

Wenn die Blattknospe sich nämlich zum Triebe verlängert, sehen wir die untersten Internodien des Triebes ungemein kurz, die Blättchen bleiben schuppenförmig, die in ihrer Ernährung von der Blattentwicklung abhängigen Blattachselknospen demgemäß klein und arm an neuen Blattanlagen.

Gestärkt in ihrer Anlage durch die nächst unteren, vorherrschend im Stipulartheil entwickelten Blattelemente werden die später sich ausbildenden Glieder des

---

1) Th. Hartig: Vollständige Naturgeschichte d. forstl. Kulturpflanzen Deutschlands. Berlin 1852, S. 176.

2) Wigand: Der Baum. Braunschweig 1854, S. 66.

Zweiges (mit wenigen Ausnahmen, wie z. B. Acer campestre) immer kräftiger d. h. die Internodien immer länger, die Blätter größer, die Knospen kräftiger. Die Spitze zeigt bisweilen wieder eine Abnahme in der Entwicklung. So beginnt z. B. der Zweig bei Apfel- und Birnbaum mit mehreren, kurzen Internodien und schuppenförmigen Blättchen; die Entwicklung dieser Glieder steigert sich nach oben, nimmt aber bei vielen Kulturvarietäten an der Spitze wieder etwas ab, da häufig die letztgebildeten Glieder des zweiten Triebes durch die sinkende Herbsttemperatur an ihrer vollkommenen Ausbildung verhindert werden.

Bei der Eberesche (Sorbus aucuparia) findet der letztere Fall ebenfalls häufig statt; hier beginnt der Trieb mit etwa drei kurzbleibenden Internodien, verlängert sich durch die Mittelglieder am stärksten und schließt mit 2—3 kurzen Gliedern, deren Blätter daher eng zusammengerückt erscheinen. Bei Mandel und Pfirsich beginnt allerdings der junge Zweig auch mit 2—3 kurzen Internodien; diese aber verlängern sich allmählich, indem ihre Blätter sich bedeutender entwickeln. Man kann diese Internodien bei vorzeitigen (im Jahre ihrer Anlage sich entwickelnden) Trieben künstlich durch Abschneiden der dazu gehörigen Blätter verkürzen (Pincement Grin). Reifen die Triebe normal aus, dann schließen sie ebenfalls mit kurzen Endgliedern. Bei Berberitze und Stachelbeere beginnt der Trieb mit einer größeren Anzahl kurzbleibender Internodien, wodurch die dazu gehörigen Blätter eine Rosette bilden; sodann erhebt sich ziemlich plötzlich der Trieb mit ausschließlich langen Gliedern. Bei der Eiche ist der Verlauf der Internodienentwicklung oft ein sehr unregelmäßiger; sie beginnt mit kurzen, allmählich länger werdenden und größere Blätter tragenden Gliedern, zwischen welchen aber plötzlich auch kurze, mit schuppenartigen Blättern versehene Internodien auftreten können; endlich schließt der Trieb mit einigen sehr kurzen Internodien und einer Blattrosette.

Bei den Nadelhölzern läßt sich dieses Gesetz nicht erkennen. Hier sind die Internodien unter einander ziemlich gleich, ebenso die Blattausbildung; dennoch treten die Knospen nur zerstreut in einzelnen Blattachseln auf und zwar an der unteren Hälfte des Triebes seltener, an der Spitze dagegen oft gehäuft. Ich glaube jedoch, daß außer der erblichen Gattungs- nnd Spezies-anlage, die jedem Sproß ihren Grundcharakter verleiht, doch auch obiges Entwicklungsgesetz insofern kenntlich wird, als erst nach längerer Arbeitsdauer eines größeren Theiles des Blattapparates das zur Bildung einer Knospe nöthige plastische Material verwendbar ist; denn wie wir später sehen werden, ist nicht nur die Ausbildung des Sprosses, sondern sogar die Anlage von dem Vorhandensein reichlicher Reservestoffbehälter abhängig.

Betrachten wir die neuen seitlichen Knospenanlagen innerhalb einer ruhenden Laubknospe.

Keine oder nur sehr rudimentäre, neue Knospen finden wir z. B. bei der Buche, der Haselnuß und Hainbuche in den Achseln der Knospenschuppen. Bei

Weiden sind manchmal an den unteren Internodien auch keine Knospen angelegt, oder, wenn rudimentäre Knospen vorhanden sind, kommen sie nie zur Entwicklung; ebenso wenig entwickeln unter gewöhnlichen Verhältnissen die Pappeltriebe an ihrem unteren Theil die angelegten Knospen; die Stachelbeeren bilden gleichfalls nie Triebe aus den Augen der unteren, dicht stehenden Blätter. Bei der Pflaume sind nur die untersten Knospen unentwickelt, bei der Mandel auch außerdem häufig noch die obersten u. s. w. Die Anlagen der untersten Knospen sind darum so schwach, weil nur eine Schuppe das Material zu ihrer Ernährung geliefert hat.

Betreffs also der Knospenentfaltung ist festzuhalten, daß bei allen Baumarten sich ein Unterschied kenntlich macht, indem eine Anzahl der Knospen sich zu ganz gering entwickelten, mit sehr kurzen Internodien versehenen und auch alljährlich sich nur um wenige, kurz bleibende Internodien verlängernden Zweigen, den Kurztrieben im Gegensatz zu den langgliedrigen, kräftigen Langtrieben ausbildet. Bald sind die Kurztriebe in einem Jahre vollständig oder fast vollständig ausgewachsen, wie die Nadelzweige bei den Pinus-Arten oder die dornartigen Zweige von Schlehe und Weißdorn; bald erlischt ihre normale Entwicklung nach wenigen Jahren, wie bei der Lärche, dem Ahorn und der Haselnuß; sehr langlebig sind sie dagegen bei Buche und Eiche. Sparsam verzweigt oder gänzlich unverzweigt bleiben sie bei Buche, Berberitze, Stachelbeere, Kiefer; eine ziemlich regelmäßige Verzweigung findet sich bei Kornelkirsche, Eiche und Linde. Eine schmächtige Gestalt d. h. ein geringes Dickenwachsthum zeigen sie bei Buche, Eiche, Linde, Kornelkirsche, bei denen sie rein vegetative Achsen darstellen; bisweilen werden sie nach einiger Zeit von der Hauptachse abgestoßen, wie bei der Kiefer und der Heide,[1]) bei denen sie schon im krautartigen Zustande abfallen, oder bei der Pappel und Eiche, bei denen sie als vollkommen verholzte Zweige abgeworfen werden. Bei der Birke vegetiren die Kurztriebe etwa 2—3 Jahre und bleiben dann als kurze, dürre, geringelte Zacken an den älteren Aesten sitzen. Eine besonders starke Entwicklung in die Dicke zeigen die Blüthen tragenden Kurztriebe, wie bei dem Kernobst, namentlich den Birnen, ferner den Stachelbeeren und z. Th. den Kornelkirschen.

Zahl, Größe, Stellung, Lebensdauer der Kurztriebe tragen vorzugsweise zur Charakteristik der Belaubung der Baumkrone bei. Dem zeitigen Absterben der Kurztriebe verdankt z. B. die Birke ihre lichte Belaubung; der reichen Entfaltung und langen Lebensdauer derselben verdankt die Buche ihr dichtes Schattendach; auf der Erhaltung solcher Kurztriebe beruht bei dem Kernobst die für den Obstzüchter unumgänglich nothwendige, vollkommene Bekleidung seiner Spalierbäume.

Bei den meisten Bäumen ist ein Uebergang von Langtrieben zu Kurztrieben durch einzelne Mittelformen vermittelt, deren Kenntniß bei unsern Obstbäumen

---

[1]) Wigand: Der Baum, 1854, S. 67.

von wesentlichster Bedeutung ist, da sie die verschiedenen Arten des Fruchtholzes darstellen. Bei Birnen z. B. sehen wir in Fig. 35 a den nächsten Uebergang des kräftigen Langtriebes zum Kurztriebe, der sich hier noch in der Form eines

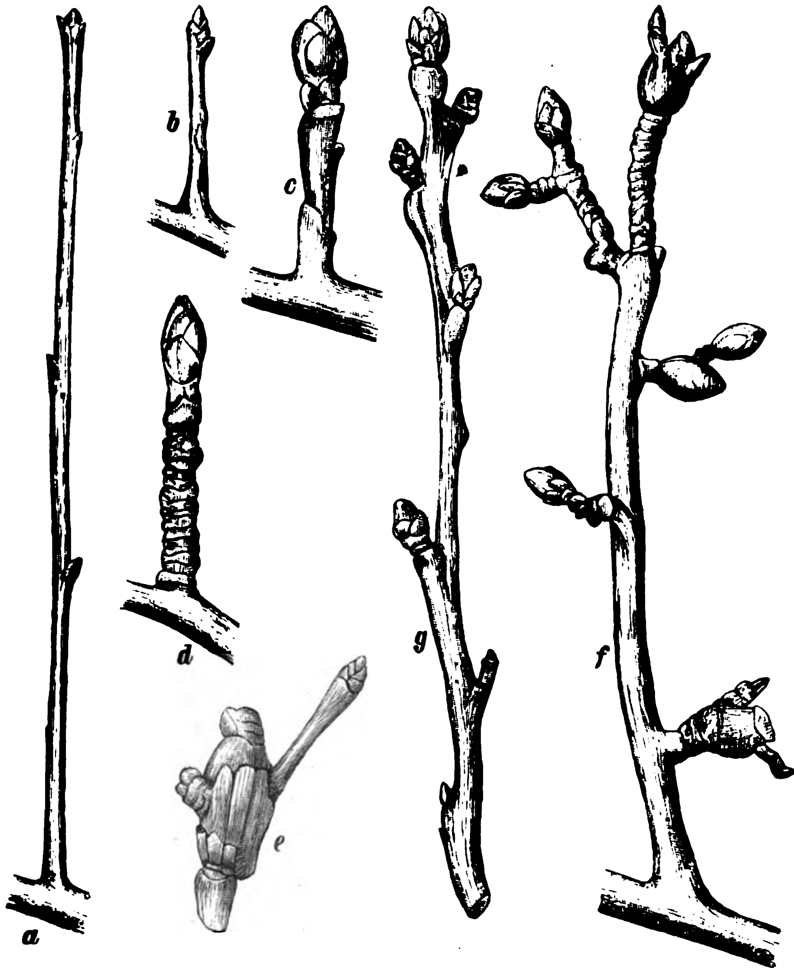


Fig. 35.

sehr schmächtigen, aus wenig Internodien gebildeten Langtriebes zeigt. Er führt in der Obstbaulehre[1]) den Namen Fruchttrieb (brindille); seine Länge beträgt

[1]) Hardy: Traité de la taille des arbres fruitiers. Paris 1853.
Jäger: Der Obstbaumschnitt. Zweite Auflage, 1860.
Lucas: Die Lehre vom Baumschnitt. Ravensburg 1869.

durchschnittlich 10—15 cm, seine Knospen sind schwach ausgebildet und nur die Terminalknospe erhält bisweilen die kurz kegelförmige Gestalt einer Blüthenknospe. Der Fruchttrieb erscheint in der Regel an jungen Bäumen, die in das Alter der Tragbarkeit treten, zuerst, und darum erhält man ihn, bis die übrigen Arten von Fruchtholz sich ausgebildet haben; später wird er auf 2 Augen, die sich allmählich zu Kurztrieben mit Fruchtknospen ausbilden, zurückgeschnitten.

Am nächsten verwandt in seinem anatomischen Bau und in seiner äußeren Gestalt ist dem Vorhergehenden der Fruchtspieß (dard). Derselbe stellt 3 bis 10 cm lange, dünne, meist rechtwinkelig vom Aste abstehende, mit ziemlich stark entwickelter Endknospe versehene Kurztriebe dar (Fig. 35 b). Die Endknospe bildet in den ersten Jahren nur wenige (3), später mehr rosettenartig gestellte Blätter, deren Material den Vegetationskegel von Jahr zu Jahr kräftiger veranlagt, bis derselbe zur Blüthenerzeugung befähigt wird. Diese Kurztriebform, auf jungen Bäumen nicht häufig, ist auf älteren Kernobstämmen eine der am liebsten gesehenen Fruchtholzarten, welche bei sehr üppiger Kultur reichblühender Varietäten schon in einem Jahre zur Blüthenknospenbildung gelangen kann. An Stelle dieser Fruchtspieße entstehen bei dem Steinobst die bekannten, kurzen Bouquetzweige.

Der ausgebildete Fruchtspieß oder Ringelspieß (lambourde) ist die zum Fruchttragen fertig vorgebildete Form des vorigen Kurztriebes. Die durch ihre kurz kegelförmige, dickere Gestalt, bedeutendere Größe und frühere Entwicklung gegenüber den Holzknospen desselben Baumes ausgezeichnete Blüthenknospe krönt hier bereits die Spitze des Triebes, der je nach seinem Alter bald glatter (Fig. 35 c), bald runzeliger ist (Fig. 35 d). Je nach der größeren oder geringeren Menge von Internodien und Blattnarben, welche die Unebenheit der Oberfläche dieser Art Kurztriebe bedingen, kann man im Allgemeinen einen Schluß auf die leichtere oder geringere Tragfähigkeit des Baumes ziehen. Je weniger Blattnarben der Trieb enthält, desto kürzere Zeit hat derselbe bis zur Ausbildung der Fruchtknospe gebraucht, desto fruchtbarer ist also der Baum.

Die üppigste, aber allerdings auch die zarteste, den Frostbeschädigungen am meisten ausgesetzte Kurztriebform ist der Fruchtkuchen (bourse), der am charakteristischsten bei Birnen ausgebildet ist (Fig. 35 e). Er kommt erst nach der Erzeugung der ersten Früchte zur vollkommenen Entwicklung und bildet dann eine kurz kegelförmige, oben abgeplattete, ungleichseitig tonnenförmig ausgebauchte, mit Blüthenaugen in der oberen Region besetzte, fast parenchymatisch weiche Zweigform. Hier sind Rindenkörper und Markkörper am meisten entwickelt und am reichsten an Stärke; der Holzkörper ist ungemein schwach, und bei Birnenvarietäten mit kurzem, fleischigem Stiel geht hier manchmal die Zweigrinde in die dicke Fruchtstielrinde unmerklich über. Ist man genöthigt, aus solchen Fruchtkuchen Holztriebe hervorzulocken, so geht dies nur durch Zurück-

schneiden dieses Kurztriebes auf seine Basalknospen, die dann rein vegetative Achsen entwickeln.

Gewöhnlich sitzen diese verschiedenen Arten von Kurztrieben an kräftigen, aber kurzgebliebenen Langtrieben (Fig. 35 f), die den Namen **Fruchtzweige** führen, an denen dann alljährlich einzelne der Kurztriebformen zur Blüthenentwicklung kommen.

Bei sehr fruchtbaren Sorten endlich kommen auch noch vereinzelte Blüthenknospen an den Spitzen der Langtriebe vor (Fig. 35 g). Das Blattkissen ist bei diesen Augen in der Regel reicher an Rindenparenchym als bei den unteren Knospen solcher Holztriebe; derartige Blüthenknospen an der Spitze werden übrigens meist fortgeschnitten, da bei solchen Bäumen besser gestelltes, anderweitiges Fruchtholz genügend vorhanden ist. In sehr günstigen Herbsten entfalten sich diese Blüthenanlagen, die im August sich bilden, bisweilen noch vereinzelt in demselben Jahre ihrer Entstehung.

Eine weitere Charakteristik der Zweige geben eine Anzahl Messungen [1]), die sich auf das gegenseitige Verhältniß der Ausdehnung von Holz- und Rindenkörper bei den verschiedenen Zweigformen der Obstbäume beziehen. Einerseits findet sich eine ganz bestimmte Gesetzmäßigkeit; andrerseits zeigen diese Messungen aber auch ganz lokale Schwankungen innerhalb einer Achse. Man sieht stark entwickelte Markkörper von einem schwach entwickelten Holzringe umschlossen und die umgekehrten Verhältnisse in einem andern Internodium desselben Zweiges. Solche Beobachtungen erlangen dadurch eine praktische Wichtigkeit, weil sie zur Erklärung der Erscheinung dienen, daß von außen kommende Störungen ganz verschiedene Beschädigungen an dicht über einander gelegenen Stellen desselben Achsenorgans hervorrufen.

Unter Hinweis auf das Zahlenmaterial in der Originalabhandlung mögen hier nur einige Resultate Erwähnung finden.

Zunächst zeigen die Messungen, daß die mit bloßem Auge wahrnehmbare Dickenzunahme eines Zweiges von der Spitze nach seiner Basis hin keine gleichmäßig wachsende, sondern eine von schwächeren Stellen unterbrochene ist. Man sieht ferner, daß der Rindenkörper der untersuchten Obstbaumzweige auch an der jungen Spitze schon stark entwickelt ist; am meisten dominirt aber dort das Mark, das in seinen Dimensionen nach der Zweigbasis hin abnimmt. Für die dauernde Steigerung des Dickenwachsthums erhält natürlich der Holzkörper die Hauptbedeutung. Ein Vergleich von Wildlingen mit Kulturvarietäten läßt die interessante Wahrnehmung machen, daß bei Letzteren der Holzring einen kleineren Theil des Dickendurchmessers des Zweiges bildet, als bei den Wildlingen. Der größere Antheil, den Mark- und Rindenkörper an der Zusammen-

---

[1]) **Sorauer**: Beitrag zur Kenntniß der Zweige unserer Obstbäume. Forschungen auf d. Geb. d. Agrikultur-Physik von Wollny. Bd. III, Heft 2.

setzung eines Zweigquerschnittes haben, wird bei der Kulturvarietät noch bedeutsamer dadurch, daß die absolute Ausdehnung der Gewebe eine weit größere, als bei dem gleichalterigen Wildlinge ist.

Wenn ein Holzzweig zum Fruchttragen sich anschickt, wird er nach der Spitze hin dicker, anstatt dünner, was namentlich in einer größeren Ausbildung des Mark- und Rindenparenchyms begründet ist. Der Fruchtzweig ist „weicher", als der Holztrieb; die Kulturvarietät ist „weicher" d. h. relativ parenchymreicher als der Wildling. Aber auch innerhalb eines jeden Zweiggliedes ist die Festigkeit desselben verschieden; an der Basis des Internodiums ist die Festigkeit am größten, in der Mitte geringer und an der Austrittsstelle der Knospe am geringsten. An der Basis hat der Markkörper eine geringere Ausdehnung, als in der Mitte des Zweiggliedes und an der Austrittsstelle der Knospe dominirt er noch mehr. Diese Regel ist ohne Ausnahme. Bei Untersuchung eines gesunden Zweiges von einem krebskranken Kirschbaume fand sich z. B. zwischen dem 4. und 7. Internodium von oben eine Zone eingeschaltet, die den Charakter auffallender Weichheit trug. Der Holzring war sehr dünn und der Markkörper so entwickelt, wie an keiner anderen Stelle des Zweiges. Würde ein Frost diesen Zweig getroffen haben, so hätte diese Stelle unbedingt am frühesten gelitten.

Diese Ungleichheiten zeigen sich auch noch in anderer Weise. So findet sich z. B. die gleichnamige Gewebeform auf verschiedenen Seiten des Zweiges in verschiedenem Maße entwickelt, und dies trägt dazu bei, daß der Zweigquerschnitt fast nie einen wirklichen Kreis darstellt.

Um eine Vorstellung von der Verschiedenartigkeit im Bau der Zweige zu erlangen, mögen schließlich die für einen ganzen Zweig gefundenen Durchschnittszahlen über die Betheiligung hier angeführt werden, welche der Rinden- und Holzkörper an der Herstellung eines Querschnitts haben. Der Durchschnitt der Messungen aus sämmtlichen Internodien eines Zweiges ergab folgende Dicke der Rinde und des Holzkörpers in Prozentzahlen des Durchmessers des Markkörpers ausgedrückt:

	Rinde	Holz
	in % des	Markkörpers
Birnenwildling	75	80
„	66,5	64,5
Birnenedelstamm	91,4	58,2
Birnenlaubzweig mit Blüthenknospen tragendem Ende	83,95	42,2
Fruchtspieß	65,4	30,85
Anderer Birnenedelstamm, Holzzweig . .	62,25	55,5
„ „ Fruchtzweig . .	86,20	26,70
Pflaumenwildling, älterer Holzzweig, Basis	139,0	144,2

	Rinde in % des	Holz Markkörpers
Pflaumenwildling, älterer Holzzweig, Spitze	127,0	97,82
„ Blüthenspross	158,5	59,20
Edelpflaume, Holzzweig	57	62
Kirsche, Holzzweig	57,5	43,7

Diese Zusammenstellung läßt erkennen, daß bei den einjährigen Holzzweigen das Verhältniß der Dicke des Holzkörpers zum Markkörper annähernd dasselbe ist, wie das der Rinde zum Marke; dagegen wird bei den ausgebildeten Fruchttrieben unserer Obstbäume die Rinde etwa doppelt so dick. Damit erklärt sich, auf welche Weise der Fruchtzweig das reichliche Material für die Anlage der Blüthenaugen sich beschafft. Abgesehen nämlich davon, daß die von den Blättern erarbeitete, organische Substanz bei der Kürze der zu ihnen gehörigen Internodien sich nur auf eine kurze Strecke zu vertheilen hat, erarbeitet auch jede Querzone des Internodiums eines Fruchtzweiges selbst doppelt soviel Material als dies bei dem Laubzweige der Fall ist, weil der chlorophyllführende Rindenkörper verhältnißmäßig doppelt so dick ist.

Abweichungen bei dem gewöhnlichen Zweigbau.

Wir haben bisher die Entwicklungsprodukte der Blattachselknospe unter normalen Verhältnissen betrachtet. Die erste Abweichung finden wir, wenn die Knospe nicht ihre gewöhnliche Ruhezeit innehält, sondern vom Auge aus sich sogleich zum Triebe entwickelt (vorzeitige Triebbildung).

Bei Ausbildung der normalen Knospe muß nothwendig eine allmähliche Beschränkung der Wasserzufuhr eintreten, die eine übermäßige Streckung des Meristemkegels der Knospenachse verhindert. Die entstehenden Blattanlagen kommen dann nicht über die Entwicklung der Nebenblätter hinaus, die in der Gestalt der sich bräunenden, schnell alternden Knospenschuppen mit ihrem transversalen Gefäßstrangverlaufe[1]) auftreten.

Wenn dagegen die Knospe bald nach ihrer Anlage sehr reiche Wasser- und Nährstoffzufuhr erhält, so daß ihre ersten Blattanlagen außer dem stark entwickelten Nebenblatttheil auch bald eine ausgebreitete Blattfläche bilden, dann giebt es für solche Knospen keine Ruheperiode. Die ersten, ausgebildeten, grünen Knospenblätter erarbeiten sofort so viel plastisches Material, daß sie das an ihrer Basis liegende Achsengewebe in erhöhter Thätigkeit erhalten. Das Achsengewebe oberhalb der Blattinsertion legt neue, noch kräftigere Blätter an, dasjenige unterhalb der Insertionsstelle streckt sich noch bedeutend, so daß die ersten Knospenblätter bisweilen bis 5 cm aus der Blattachsel herausrücken.

[1]) Querbündel (fasciculi transversales), Hartig a. a. O., S. 174.

Der auf diese Weise entstehende vorzeitige Zweig ist durch solche Entwicklung ein wesentlich anderes Glied geworden. Seine Internodien sind sehr lang, seine Bauart nähert ihn den Wasserschossen, seine Basis hat keine Augen.

Die Augen, die wir an der normalen Zweigbasis (allerdings oft nur rudimentär bei manchen Holzarten) finden, haben für die Oeconomie des Baumes eine große Wichtigkeit. Sie bleiben ruhend, so lange keine Störungen die gewöhnlichen Achsenorgane treffen; sie entwickeln sich aber, wenn der sie tragende Muttersproß verkürzt wird und tragen auf diese Weise zur Neubelaubung der Hauptachse bei.

Die Länge des untersten, augenlosen Internodiums am vorzeitigen Triebe ist bei den verschiedenen Bäumen verschieden; am meisten entwickelt sah Th. Hartig es bei der Rothbuche, ich bei Pfirsich und Birne. Bei der Spalierbaumzucht bildet diese Länge einen wesentlichen Uebelstand, der durch den künstlichen Eingriff des Gärtners erst überwunden werden muß.

Wenn durch den Kulturschnitt diese Zweige zu Tragzweigen umgewandelt werden und später ihre Verjüngung durch Zurückschneiden erfolgt, so bleiben die neu sich bildenden Zweige aus den untersten Augen durch das lange, erste Internodium ihres Mutterzweiges zu weit von der Hauptachse entfernt.[1])

Eine zweite Abweichung vom gewöhnlichen Zweigbau bietet derjenige

[1]) Hartig sagt a. a. O., S. 176, von dem vorzeitigen Triebe, dessen Basis glatt und knospenlos ist und in Folge dessen keinen Wiederausschlag liefern kann: „Der Seitentrieb hat in diesem Falle nicht die Bedeutung eines selbständigen Internodiums, sondern muß als integrirender Theil desjenigen Gliedes in der Kette der Internodien des Haupttriebes betrachtet werden, dem er entsprang, ebenso wie der Blattstiel eines Internodiums als diesem angehörend betrachtet werden muß.“ Ich kann mich dieser Anschauungsweise nicht anschließen. Auch bei den Pflanzen mit vielen, stammeignen Gefäßsträngen bilden die in das Blatt und deren Knospe abgehenden Gefäßbündel immerhin das Hauptgerüst. Die Veranlassung ihres Verlaufes ist (abgesehen von ihrer spiraligen Drehung um die Achse) immer die Stellung des appendiculären Organs. Nur so lange dieses innerhalb der Cambiumzone des Muttersprosses sich befindet, ist es mit seiner Ernährung auf den Muttersproß angewiesen. Aber schon innerhalb der Rinde des Letzteren, etwa in der Basalgegend des Blattkissens, separirt sich der Achsencylinder auch der ruhenden Knospe insofern vom Muttersproß, als er seinen eignen, geschlossenen Cambiummantel erhält, dessen weitere Ausbildung von der eignen Thätigkeit der jungen Knospe und ihrer zuerst chlorophyllhaltigen Schuppen abhängt. Das unterste Internodium der Knospe gehört also, gleichviel ob es in der Rinde des Muttersprosses als kurze Anlage verbleibt oder sich hervorstreckt, immerhin der Knospe an. Die Streckung dieses Internodiums wird erzielt, wenn durch besonders gesteigerte Wasser- und Nährstoffzufuhr die ersten Blattanlagen der Knospe sich über den Schuppenzustand erheben. Die Nebenblätter, welche sonst durch die Schuppe vertreten sind, bilden sich zu normalen, krautartigen Anhangsorganen des seine Lamina vollkommen entfaltenden Blattes aus, welches sein überschüssiges plastisches Material dem darunterliegenden Internodium zur Verfügung stellt. Für den vorzeitigen Trieb gilt also ganz dieselbe Anschauungsweise, wie für den rechtzeitigen, was in Rücksicht auf den Baumschnitt zu betonen wichtig ist.

Sproß, der sich aus einer schlafenden Knospe (einer Proventivknospe) entwickelt. Während die gut ausgebildeten Knospen in den Blattachseln der höheren Internodien eines Zweiges in der Regel in dem nächsten Jahre nach ihrer Anlage austreiben, bleiben die minder entwickelten an den Zweigbasen zurück und führen (bei den einzelnen Holzarten verschieden lange Zeit hindurch) ein latentes Leben. Sie entwickeln sich nur nach Störungen der sie tragenden Achsen. Die Beschreibung, welche Th. Hartig[1]) von dem Bau der Proventivknospe giebt, stimmt mit dem Bilde überein, das man sich nach dem Vorhergehenden von einer schlafenden Knospe construiren kann. Die Knospe entwickelt nur im ersten Jahre ihrer Anlage schwache, chlorophyllhaltige, bald trockenwerdende Schuppen; mithin ist die Bildung eines eignen Holzcylinders bei dem spärlichen Nährstoffmaterial, das die Knospenschuppen liefern, eine höchst minimale. Der Cambiummantel der schwachen schlafenden Knospe isolirt sich nicht von dem des Zweiges; mithin bleibt die Wachsthumszone der Knospe in der Cambiumschicht des Mutterzweiges und geht mit dieser nach außen. Die in jedem Jahre sich neu aus dem Cambium herausbildenden Holzlagen lagern sich um die nach außen rückende Markröhre, wobei die Holzelemente, welche senkrecht auf die Markröhre der Knospe stoßen, an dieselbe sich anlegen.

Die beistehende Fig. 36 (s. S. 720) stellt dasjenige Stück eines dreijährigen Apfelzweiges im Querschnitt dar, welches die Markröhre eines ruhenden Auges enthält. Diese Markröhre gewahren wir als centralen, in seinem Verlaufe gleiche Breite behaltenden Streifen in der Mitte der Figur. Der Streifen zeigt drei Stellen aus kurzem, parenchymatischem Gewebe gebildet; hier begann jedesmal ein neuer Jahresring. Jetzt, wo die Spitze des centralen Markstreifens in den vierten Jahresring treten wird, sehen wir die durch enge Zellen kenntliche Cambiumzone sich im Bogen um die als dunkle Gruppen auftretenden Gefäßbündel des jungen Knospenmantels ziehen.

Bei der Unthätigkeit der schlafenden Knospenglieder ist um den Markcylinder kein besonderer Holzmantel gebildet worden; aber die im vorliegenden Querschnitt längsgestreckt erscheinenden Holzzellen deuten an, in welcher Richtung die Bildung des Holzmantels stattfinden würde, wenn das Auge sich endlich zum beblätterten Zweige ausbilden könnte. Der durch alle Jahresringe in gleicher Dicke sich fortsetzende Markcylinder ist charakteristisch für die ruhende Knospe.

So kann die Knospe 15—20 und mehr Jahre lebendig bleiben ohne eine andere Lebensäußerung, als die Verlängerung ihres Markcylinders innerhalb des Astes. Wenn Störungen des Astes eine erhöhte Wasser- und Nährstoffzufuhr zu diesen latenten Knospen hervorrufen, können dieselben zur Produktion grüner Blätter und damit zur Anlage eines eignen, starken Gefäßbündelkörpers gebracht werden, d. h. zum vollkommenen Zweige sich entwickeln.

[1]) a. a. O., S. 300.

Auf der nachträglichen Entwicklung solcher Proventivknospen beruht vorzugsweise die Bildung von Wasserreisern oder Stocklohden. Die Proventivknospen sitzen am meisten gehäuft an der äußersten Basis eines Zweiges; sie waren ehemals, als der Zweig noch Knospe war, in den Achseln der Knospenschuppen entstanden. Die Basis der ehemaligen Knospenschuppen hat

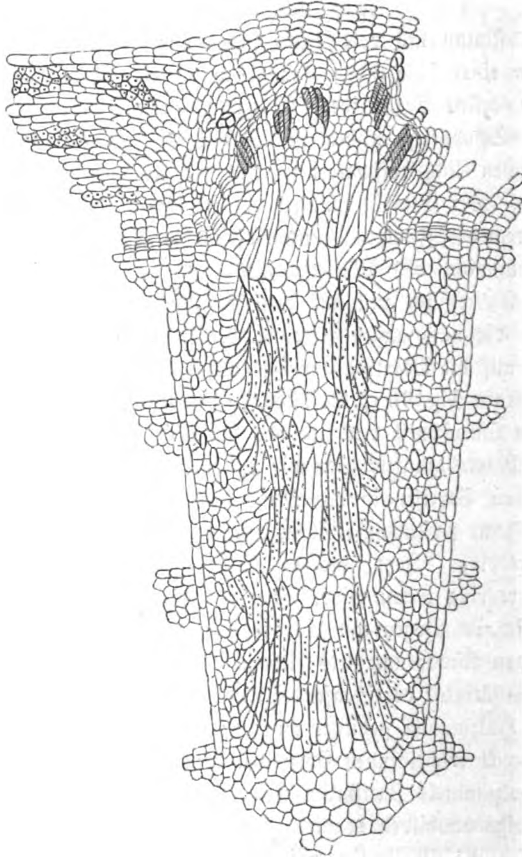


Fig. 36.

sich wulstartig verdickt und mit der Stärke des Zweiges auch an Umfang zugenommen. Deshalb sehen wir die Zweigbasis mit ringförmigen Wülsten umgeben und diese Wülste bei stärkeren Aesten auf den Stamm heruntergerückt, indem der Letztere durch sein fortschreitendes Dickenwachsthum die Astbasis immer höher hinauf umfaßt.

In diesen auf dem Stamm sitzenden Wülsten, welche halbmondförmig den

Ast an seiner unteren Seite umgeben, finden wir häufig auch verästelte Knospenbündel. Dieselben sind nicht anders zu erklären, als daß in einem Jahre die Vegetationsspitze des Knospenkegels abgestorben ist und an Stelle desselben zwei oder mehrere Seitenknospenanlagen sich ausgebildet haben oder daß sich der ursprüngliche Vegetationskegel getheilt hat. [1])

Von der Proventivknospe scharf zu unterscheiden ist die Adventivknospe. Während Erstere stets in demselben Jahre angelegt wird, in welchem die Schuppe oder das Blatt entsteht, in deren Achsel sich die Knospe befindet und ihr Markcylinder daher stets von dem Markcylinder des Zweiges ausgeht, ist die Adventivknospe eine spätere Bildung. Ihr Markkörper läßt sich nur auf die Cambiumschicht eines späteren Jahres zurückführen, nachdem sich schon mehrere Jahreslagen von Holzmänteln über den ursprünglichen Markcylinder hinweggelagert haben.

Adventivknospen können sich überall bilden. Auf den Blättern der Drosera intermedia, Cardamine pratensis, Ornithogalum thyrsoides, Eucomis regia, Malaxis paludosa (Trécul) an den Blatträndern von Bryophyllum calycinum, an den Schnitträndern von Begonia, Gesneria, Hyacinthus, auf Wurzeln, die dem Lichte ausgesetzt werden, Wurzelstecklingen ꝛc. Sie entstehen besonders zahlreich in Ueberwallungsrändern von Wunden und auf Wundholz überhaupt, wie aus dem Ringelwulst, aus der Neurinde des Holzkörpers bei Schälwunden, aus dem Rindenkörper des neubeholzten Rindenlappens ꝛc. Cosson erzählt, daß sich Knollenmasern (loupe) bei Thuja articulata in Algier bilden, wenn die Bäume durch die Araber seitlich angebrannt würden. Die Knollen entstehen auf der der Brandstelle entgegengesetzten Seite. [2]) In dem Wundwalle, der über die Hiebfläche gefällter Bäume hervortritt, trifft man häufig einen Kranz junger Triebe, die zwischen Rinde und Holzkörper hervorbrechen (Pappel, Rothbuche). Jeder dieser Triebe bildet durch seinen Blattapparat einen gesonderten Holzmantel, der sich alljährlich verdickt und auch selbständige Wurzeln bilden kann. In diesem Falle ist endlich der gesammte „Stockausschlag“ von dem Mutterstamm emancipirt; der Holzkörper des Letzteren verwest.

Eine eigenthümliche Knospenbildung beschreibt Hartig [3]) bei der Hainbuche. Es entsteht nämlich zwischen Blattstielnarbe und Blattachselknospe noch

---

[1]) Hartig, a. a. O., S. 300, erklärt bei der Birke den Vorgang in eigenthümlicher Weise. Er sagt: „Vervielfältigkeit der Proventivknospen kann zu jeder Zeit, aber stets in dem äußersten, in der Rinde liegenden, krautigen Theile des Knospenstammes dadurch eintreten, daß eines der Faserbündel im Umfang der Markröhre in letztere hineintritt, die Markmasse in zwei Hälften theilend, deren jede dann als besondere Markröhre sich fortbildet.“

[2]) Bot. Zeit. 1859, S. 433.

[3]) a. a. O., S. 245.

eine zweite Knospe (Unterknospe).[1]) Diese Knospen sind darum wichtig, weil durch sie vorzugsweise die höhere Ausschlagsfähigkeit bei stattfindenden Verstümmelungen durch Verbeißen oder Verschneiden in Hecken bedingt ist. Bekanntlich eignen sich wenig Holzpflanzen in dem Grade zur Heckenbildung, wie die Hainbuche, die davon den Namen Hagebuche, Heckenbuche erhalten hat. Auch ohne gewaltsame Verletzungen entwickelt sich die Unterknospe, besonders an den tieferen Zweigen älterer Pflanzen zu Trieben, so daß man dann zwei Triebe derselben Basis entspringen sieht. Auch bei Birken in sehr kräftigem Wuchse beobachtete Hartig[2]) solche Unterknospen.

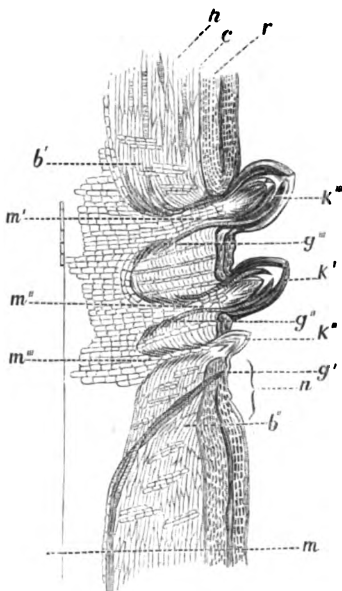


Fig. 37.

Ich sah die schönsten, derartigen Bildungen bei Eschen an einjährigen, sehr kräftigen Trieben. Von diesen stammt auch die nebenstehende Figur 37; k''' zeigt die größte Knospe, k' erste, k'' zweite Unterknospe, n Blattstielnarbe, g' Hauptblattspurstrang, h Holz, r Rinde, c Cambium des Zweiges, g'' und g''' Gefäßbündel, welche die Anlage des der Knospe angehörenden Holzmantels darstellen. m Stengelmark mit m', m'', m''' Markbrücken, welche als Knospenmarkkörper sich weiter am Vegetationskegel der Knospe verlängern. Man sieht, daß der Markcylinder der ersten Unterknospe sich etwas weiter vom Markcentrum des Triebes als Knospenmark kenntlich macht, als der der Hauptknospe; noch mehr ist dies der Fall bei der zweiten Unterknospe, welche überhaupt nur an sehr kräftigen Trieben erscheint. Man darf daher die Unterknospe als Seitensprossung der Hauptknospe zur Zeit der ersten Anlage derselben ansehen. Bei b sieht man die

[1]) Eine bemerkenswerthe Form von Adventivknospen stellen die bei der Birke besonders bemerkbaren Wurzelstockknospen dar; sie entstehen am Wurzelstocke selbst unter den obersten Faserwurzeln. Man findet sie schon bei einjährigen Pflanzen und zwar reichlicher bei geringem als bei üppigem Wuchse. Schon im normalen Entwicklungsverlaufe findet in den ersten Jahren eine Vermehrung dieser Organe durch dichotomische Spaltung der krautigen Knospenstämme statt. In weit höherem Maße aber tritt eine derartige Vermehrung der Knospen nach Verletzungen ein. Aehnliche Knospenanhäufung konnte ich an 2jährigen Süßkirschen in einem Falle beobachten; nur waren diese krautartigen Knospenmassen aus einzelnen Augen der oberirdischen Achse hervorgegangen.

[2]) a. a. O., S. 302.

Stellen, an denen die Holzelemente des Triebes von ihrem bisherigen, senkrechten Verlauf abbiegen und sich seitlich um die Knospencylinder herumlegen, um der Knospe den Durchbruch zu gestatten.

Knollenmaser.

(Hierzu Taf. XV u. XVI).

Geschichtliches.

Wir haben aus dem Vorhergehenden kennen gelernt, daß das Glied des Pflanzenleibes, das wir Laubknospe nennen, sehr verschieden in Bau und Lebensweise ist. Ebenso verschieden verhalten sich die aus den normalen Knospen hervorgehenden Triebe.

Die Verschiedenartigkeit der aus den Knospen sich entwickelnden Produktionen wird aber noch erhöht durch Störungen in der Knospenentwicklung.

Als Folge solcher Störungen betrachtet man das Auftreten kugeliger, verholzter Anschwellungen oder knollenförmiger Auswüchse der Achse. Diese Auswüchse sind unter der Bezeichnung „Knollenmaser" oder „Holzknollen" bekannt und mehrfach studirt worden. Trécul[1]) beschreibt einzelne Fälle (Eiche, Hainbuche) der Knollenbildung eingehend und kommt zu dem Schlusse, daß die Knollen immer ihre Entstehung einer Knospe verdanken, die zunächst in direkter Gefäßverbindung mit dem Holzkörper des Astes oder Stammes steht. Eine solche Knospe kann mehrere Jahre vegetiren, ohne mehr als 2 mm (wenigstens bei der Hainbuche) über die Oberfläche der Rinde hervorzutreten. Nach einigen Jahren dieses Zustandes von Lethargie kann sich der Fibrovasalkörper neu beleben, sich zu einer kugeligen oder ovalen oder selbst quergestreckten Holzknolle ausbilden.

Das Absterben der ruhenden Knospen erfolgt, wenn äußere Ursachen nicht beitragen, nach einer größeren Anzahl von Jahren von selbst, indem der Zusammenhang des in der Rinde befindlichen Knospentheils von dem im Holzkörper befindlichen dadurch aufgehoben wird, daß sich der Holzmantel des die Knospe tragenden Zweiges zwischen beide Theile schiebt. Der mit Schuppen versehene, der Rinde aufsitzende, äußere Theil der Knospe bleibt noch lange an seiner Stelle; er vertrocknet sehr allmählich und wird endlich abgestoßen.

Diese ursprünglich an dem Holzkörper befestigt gewesene Knospe kann sich loslösen durch Abreißen ihres Fibrovasalkörpers vom Holzkörper des Stammes. In der Regel stirbt darauf die Knospe in ihrem äußeren, über die Rindenoberfläche hervorragenden Theile; dagegen fährt der in der Rinde jetzt isolirt liegende Knospenfibrovasalkörper fort, neue Holzlagen und eigne Rindenlagen zu bilden,

---

[1]) Trécul: Mémoire sur le developpement des loupes et des broussins, envisagés au point de vue de l'accroissement en diamètre des arbres dicotyledonés. Annales des scienc. nat. 3. serie. Botanique t. XX, 1853, S. 65.

ohne die Mitwirkung von Blättern; er muß also sein plastisches Material aus der umgebenden, grünen Stammrinde beziehen. Die Thätigkeit der grünen Rinde wird bei der Erklärung verschiedener Wachsthumserscheinungen, namentlich bei Wundheilungen (Ueberwallungen) viel zu wenig in Anschlag gebracht. Dieses Wachsthum kann viele Jahre hindurch andauern; die Außenseite der Holzknollen kann der Zerstörung durch die äußeren Agentien anheimfallen und trotzdem können diese noch auf der Innenseite fortfahren, neues Holz zu bilden. Diese Knollen entstehen bei der Rothbuche, sowie bei der Hainbuche aus Adventivknospen.

Die Entstehung der Knollen bei der Rothbuche aus Proventivknospen beschreibt Th. Hartig.[1]) Die schwachen Basalknospen (Kleinknospen) sterben bei der Rothbuche etwa nach 20 Jahren insofern ab, als der in der Rinde befindliche Knospenstamm von dem im Holzkörper befindlichen Theile durch Zwischenlagerung einer vollkommen gleichmäßig zusammenhängenden Holzschicht des die Knospe tragenden Zweiges getrennt wird. Der in der Rinde liegende Theil der Proventivknospe kann sich aber noch lange Zeit lebendig erhalten und, gleichsam ein parasitisches Leben führend, durch fortdauernde, concentrische Holzbildung zu jenen erbsen= bis haselnußgroßen, über die Rinde hervortretenden Holzknollen heranwachsen, die üppig gewachsenen Buchenstämmen im mittleren Alter so eigenthümlich sind.

Beispiele für die Knollenbildung an Wurzeln liefert ebenfalls Hartig[2]) bei Besprechung des Umstandes, daß junge Zitterpappeln in großer Menge an abgetriebenen Beständen auftreten, wo seit langer Zeit keine samentragenden Bäume gestanden haben. Diese kleinen Pflänzchen verdanken ihr Dasein der fortdauernden Vegetation der Wurzeln längst abgestorbener und oberirdisch verschwundener Aspen=Mutterbäume.

Die Basis der Wurzelbrut ist in solchen Fällen stets eine knollenförmige, holzige Verdickung eines schwachen Wurzelstranges. Die Knollen selbst sind etwas Aehnliches wie die Knollen am maserigen Fuße alter Eichen oder Linden und wie die Knollen an der Rinde der Rothbuche; sie sind der holzige Stamm eines schlafenden Auges, der, vollständig individualisirt, ein parasitisches Leben auf der Wurzel der Mutterpflanze lebt „gleich dem schlafenden Auge an den amerikanischen Pinus=Arten.“ Durch diese Knollen werden die Aspenwurzeln am Leben erhalten, ohne daß das ernährende Wurzelstück selbst fortwüchse. In der Regel zeigt sich das knollentragende Wurzelaststück schon wenige Centimeter von der Ansatzstelle der Knolle abgestorben und in Fäulniß begriffen.

Wir haben im Anfange dieses Artikels gesagt, daß die Knollenbildung in der Mehrzahl der Fälle auf eine Störung in der Entwicklung von ruhenden

---

[1]) a. a. O., S. 176.
[2]) a. a. O., S. 429.

Knospen zurückzuführen ist. Es entstehen jedoch auch Knollen mit maserigem Holzkörper ohne Mitwirkung einer Knospe.

Dutrochet[1]) beschreibt in seiner, der damals herrschenden Knospenwurzeltheorie verwandten Anschauungsweise die knolligen Auswüchse als Knospenembryonen (mérithalles), die sich nicht, wie dies bei Herstellung der Achse normaler Weise der Fall ist, aufeinander und zwischen einander einpfropfen, sondern die ohne Verbindung mit den übrigen Knospenembryonen und deren Gefäßsträngen bleiben, also nicht dem Achsencylinder sich einverleiben. So lange ein solcher Embryo, eine Adventivknospenanlage, isolirt in dem andern Gewebe verbleibt, entwickelt er kein Blatt und keine Knospe; er behält seine kugelige Form und wächst, indem er immer neue concentrische, mit eigner Rinde versehene Holzschichten entwickelt, weiter. Legt aber dieser isolirte Holzkörper solcher Adventivknospenanlage sich endlich an den Achsenkörper an, verschwindet seine eigne Rinde durch Druck, und nun bildet der Holzknoten eine wirkliche Knospe, die Blätter entwickelt. Jetzt stellt er eine Knollenmaser dar (loupe); eine Vereinigung mehrerer derartiger Knollen bildet eine Kropfmaser (broussin).

Diese Anschauung weicht insofern von den früher entwickelten Ansichten ab, als hier die Knospe das Endprodukt der Knollenbildung, dort der Ausgangspunkt derselben ist. Lindley[2]), der die von Dutrochet erwähnten Knollen bei Buchen, Cedern und Pappeln bespricht und bei einer Pappel[3]) auch Zweige aus ihnen hervorbrechen sah, betrachtet sie als aus Adventivknospen entstanden und zählt einen weiteren, von Manetti erwähnten Fall bei alten Oelbäumen hierher. Bei diesen sollen die Knollen (Gnaurs) mit einem Stücke Rinde ausgeschnitten und gepflanzt werden; diese, von Manetti als Uovoli bezeichneten Knollen sollen dann junge Pflanzen geben. Treviranus, dem Knollen einer Ceder von Morren zugesendet worden, bestätigt im Allgemeinen den Bau der von Dutrochet beschriebenen Knollen, findet aber den durch den Befund allerdings gerechtfertigten Gedanken einer Holzbildung ohne Blattthätigkeit für so widersprechend mit den herrschenden, (philosophischen) Ansichten, daß er neue Untersuchungen abwarten will. Er zieht in dieselbe Kategorie die Erscheinungen der isolirten Gefäßbündel (Blattspurstränge) bei kletternden Sapindaceen, Calycanthus floridus und praecox, einigen Bignoniaceen u. a.

Schacht[4]) erklärt die Knollen in der Rinde der Pappel, Linde, Buche u. s. w. für verkümmerte Zweige, die nicht in die Länge, wohl aber im Umfang gewachsen sind. Die Untersuchungen Hartig's sind bereits erwähnt;

---

[1]) Observations sur la forme primitive des embryons gemmaires des arbres dicotyledonés, 1837. (Nouv. Mém. du Mus. d'Hist. nat. IV.)

[2]) Lindley: Theory of Horticulture 198. Uebersetzung von Treviranus 1850, S. 37.

[3]) a. a. O., S. 224.

[4]) Schacht: Der Baum, 1853, S. 134.

während derselbe die erste Anlage der Knollen in ruhenden Knospen nachweist, betont Ratzeburg[1]) als Entstehungsheerd derselben Buchenknollen bestimmt die Rinde und sagt ausdrücklich, daß sie nicht bis auf den Holzkörper reichen. Ebenso betont Roßmäßler[2]) bei den von ihm untersuchten Knollen der Eberesche (Sorbus aucuparia), daß diese nur in der Rinde sitzen und nicht mit dem Holzkörper zusammenhängen; dagegen beschreibt Kotschy[3]) wiederum 10 bis 15 cm große Rindenknollen an alten Stämmen der Libanonceder als knorrige, fest in der Rinde sitzende Holzauswüchse, welche mit dem Mutterstamm durch wenige Gefäßbündel verbunden sind. Auch Masters[4]) vermuthet, daß ein Theil der Knollen (gnaurs or burrs) bei Ulmen u. s. w. sowie bei manchen Apfelvarietäten Haufen von Adventivknospen sind.

Anatomischer Befund.

Eine eingehende Beschreibung der Knollen alter Stämme von Sorbus aucuparia liefert endlich Gernet.[5]) Er fand die todten Knollen so locker in der Rinde sitzend, daß man sie leicht mit den Fingernägeln herausheben konnte; hingegen saßen die lebenskräftigsten anscheinend fest im Splint. Dennoch erwiesen sie sich als „von diesem vollständig getrennte und schon durch das äußerlich röthliche, mit dem Basttheil übereinstimmende Colorit ihres glatten unteren Endes als möglicherweise jenem angehörige Körper.“ Die meisten durchschnittenen Knollen zeigten mehrere Mittelpunkte, um die sich vollständige, mit Gefäßen und Markstrahlen versehene, in ihrer Zellenstruktur mit dem Stammholz übereinstimmende Holzlagen in 13—15 Jahresschichten angesetzt hatten. Der Verlauf der Holzlagen war maserig. Fast immer waren die Jahresringe in der dem Stamm zugewandten, unteren Hälfte der Knollen breiter als in der oberen, aus dem Stamme hervorstehenden. Ein Zusammenhang mit einer Knospe ließ sich nicht nachweisen; selbst da, wo eine Knolle dicht neben einer Kropfmaser saß, ließ sich kein Zusammenhang mit einem der zahlreichen Knospenkegel erkennen.

Leider hatte Gernet auch keine Gelegenheit, die ersten Anfänge der Knollenentwicklung zu studiren; die jüngsten Stadien seines Materials waren Knöllchen von 0,5 mm, die noch vollkommen in der Rinde eingesenkt waren, ohne äußerlich irgend eine Auftreibung veranlaßt zu haben. Sie lagen außerhalb der Hartbastzone, waren kugelig oder ellipsoidisch und zeigten ebenfalls bereits

---

1) Ratzeburg: Die Standortsgewächse und Unkräuter Deutschlands u. d. Schweiz. Berlin 1859, S. 243, Anmerk. I.

2) Roßmäßler: Versuch einer anatomischen Charakteristik des Holzkörpers der deutschen Waldbäume. Tharand. Jahrb. 1847, Bd. IV, S. 208.

3) Kotschy: Reise in den cilicischen Taurus. Gotha 1858, S. 267.

4) Masters: Vegetable Teratology 1869, S. 347.

5) C. v. Gernet: Ueber die Rindenknollen von Sorbus aucuparia. Moskau, 1860.

mehrere Kerne, um die sich der Holzkörper gelagert hatte; derselbe bestand aus parenchymatisch gestalteten Zellen, in denen auf dem Längsschnitt eine Differenzirung von Markstrahlzellen kenntlich wurde. Einige mit größerem Lumen versehene, aber noch mit fast horizontalen, undurchbrochenen Wänden aufeinander sitzende, stärkeärmere oder auch stärkelose Zellen dürften die ersten Andeutungen von Gefäßen darstellen. Je weiter vom Centrum die sämmtlichen Zellen entfernt waren, desto deutlicher wurde eine Verringerung ihrer radialen und eine Vermehrung ihrer tangentialen Ausdehnung bemerkbar; ihr Querschnitt näherte sich also dem des Herbstholzes. Bei älteren Knöllchen fanden sich zuerst einzelne getüpfelte Gefäße und ein deutlich kenntlicher, centraler, parenchymatischer, stärkereicher Kern scharf unterschieden. Der Holzkörper war rings umgeben von einer Cambiumzone und einer eignen Rinde. In der oberen Hälfte der Knollen stellte sich bisweilen in der Innenrinde Korkbildung ein. Diese neu entstehende Korkzone vereinigt sich nicht selten auf der Außenseite mit der Korkzone des Stammes. Die von solcher Korkzone (Korkdamm Gernet's) abgeschnittene Rindenparthie verliert ihr Stärkemehl, wird lufthaltig und stirbt allmählich ab, so daß der Knollenkörper an seiner Außenseite todtes Gewebe erhält. Das Auftreten dieser Korklagen leitet auch in der Regel den nach einigen Jahren erfolgenden Tod der Knolle ein. Die untere Hälfte derartig erkrankter, sowie die vollkommen gesundbleibenden Knollen behalten ihr lebensfähiges Rindengewebe, in welchem die Ausbildung des Bastkörpers mit der des Holzkörpers fortschreitet. Daraus ist zu schließen, daß die Knolle nach unten fortwächst, wobei ihr oberer Theil allmählich über die Oberfläche der Stammrinde hervorkommt, indem er dieselbe durchbricht.

Nach diesem Befunde kommt Gernet zu der Ansicht, daß, wenn ihm auch die Anfangsstadien der Knollen unbekannt geblieben, er doch bestimmt einen Zusammenhang derselben mit dem Holzkörper des Stammes in Abrede stellen muß und die Entstehung der Knollen weder von Proventiv-, noch Adventivknospen herleiten kann.

Diesen Ausspruch nun kann ich nach meinen Untersuchungen an Knollen der Apfelbäume vollkommen bestätigen. Zur Untersuchung lagen mir Knollen von der Größe eines Hirsekorns bis zu der einer Erbse vor; dieselben stammten von der Stammbasis eines jungen, etwa 8jährigen Apfelstammes. Die Knollen saßen in der Außenrinde und brachen leicht aus derselben heraus; sie waren oberseits entweder vollkommen glatt (Taf. XV, Fig. 1 a) berindet, oder zeigten eine bräunliche, trockne, etwas vertiefte, rindenlose Gipfelparthie (Taf. XV, Fig. 1 k), die von einem grünen, kreisförmigen Rindenwalle umgeben war.

Den centralen Querschnitt einer Knolle letzterer Art stellt Figur 2 unserer Zeichnung dar.

In demselben gewahren wir einen mittelständigen, aus zwei, durch wenig Parenchym getrennten Hartbastbündeln bestehenden Kern (Fig. 2 b), andere Knollen haben nur ein Bastbündel im Kern oder zwei bis drei entferntere

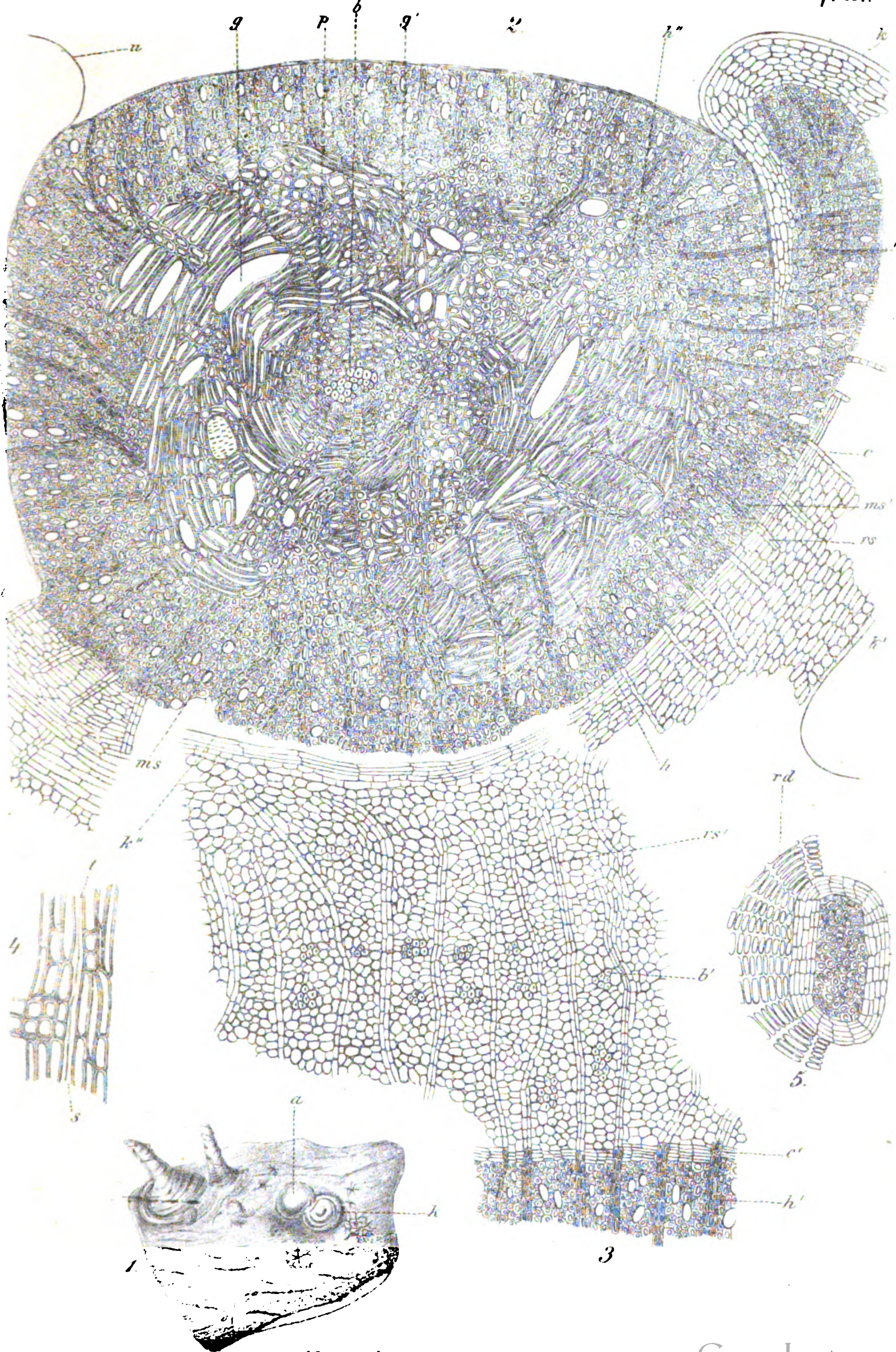
Kerne. Um das Bündel herum lagern sich Zellen parenchymatischer Gestalt mit schwach verholzten Wandungen und strahliger Lagerung; man sieht, daß sie unzweifelhaft nach Art der Korkzellen entstanden sind. Bisweilen findet man in der Mitte der Knollen nur eine Gruppe dickwandigen, stärkereichen oder auch stärkelosen, braunen Parenchyms ohne Hartbastzellen; doch ist dies der seltnere Fall; endlich sieht man auch dann und wann Knollen mit einer centralen, kleinen Höhlung, die mit braunen Zellresten angefüllt ist.

Die strahlig gelagerte, ringförmige Zone parenchymatischer, verholzter Zellen geht allmählich über in enge, derbwandigere, bereits etwas länger gestreckte, horizontal oder schräg verlaufende Holzparenchymzellen, zwischen denen kurze, weite, einfach getüpfelte Gefäßzellen eingestreut liegen (Fig. 2 g'). Diese Gruppen sind bereits durch annähernd kubische, in 1 bis 3 Reihen gelagerte Markstrahlzellen in zahlreiche Bündelkreise getheilt. Hier schon beginnt die Erscheinung, die sich in abwechselnden Zonen bis an die Peripherie des Holzkörpers hin geltend macht, daß nämlich die eine zwischen 2 Markstrahlen vorhandene Bündelparthie einen andern Verlauf ihrer Elemente zeigt, als die dicht daneben liegende. Während der Schnitt die Zellen und Gefäße des einen Bündels fast ganz quer durchschneidet (Fig. 2 h''), trifft er die daneben liegende Parthie in ihrer Längsrichtung. Diese Erscheinung, welche auch bei stark eingeschnürten und ihr Band überwachsenden Stämmen sich zeigt, läßt sich nur dadurch erklären, daß die einzelnen Cambiumparthien des um den Kern sich schalig herumwölbenden Holzkörpers gleichzeitig verschiedenem Drucke resp. Zuge ausgesetzt sind. Da der junge Knollenkörper keine genaue Kugelgestalt besitzt, sondern nur annähernd kugelig ist, so strecken sich die Parthien, welche die vorhandenen Kanten zu überwölben haben, in derselben Zeit stärker.

Je weiter man in dem Knollenkörper nach außen geht, um so enger und gestreckter und um so derbwandiger werden die Elemente, bis sie die Länge und Gestalt und theilweis auch die Lagerung des normalen Holzkörpers annehmen.

So wie bei diesem erkennt man auch innerhalb der Knolle eine Differenzirung der Jahresringe in Frühlingsholz und Herbstholz, so daß man sieht, die Knolle ist ein mit charakteristischen Eigenschaften der Spezies versehener, in der Rinde isolirter Holzkörper, dessen Elemente sich um einen oder mehrere gestreckte oder kurze Kernparthien nach allen Richtungen herumwölben.

Die rings um den Holzkörper sich hinziehende Cambiumzone (Fig. 2 c) produzirt alljährlich auch eine neue Rinde (Fig. 2 rs) und leitet bei Verletzungen dieselbe Wundheilung wie an einem normalen Stammkörper ein. Eine solche Verletzung ist auch bei Fig. 2 eingetreten, indem durch irgend eine äußere Einwirkung Rinde und Splint der Gipfelparthie der Knolle entfernt worden sind; in Folge dessen hat sich ein normaler, vollkommen berindeter Ueberwallungsrand (Fig. 2 u) gebildet, der den äußerlich kenntlichen Ringwall um den Gipfel bildet (Fig. 1 k).


g
p
b
g'
2
h''
k
n
c
c
ms'
rs
h'
ms
h
rd
k''
rs'
l
4
b'
5.
a
s
c'
h'
1
3

Der zuerst auffallende Umstand, daß im Centrum eines Holzkörpers sich Hartbastelemente vorfinden, führt zu dem Schlusse, daß die Umgebung der Hartbastbündel die Stätte ist, von der die Bildung des Holzkörpers begonnen hat. Noch mehr bestärkt wird dieser Schluß durch die Erscheinungen in der Umgebung der Knollen. Dort finden sich sehr häufig jüngere, ja bisweilen jüngste, unlängst aus der Cambiumzone herausgetretene Bastbündel, mit eigenthümlichen, strahlig angeordneten Zellen umgeben (Fig. 5). In einzelnen Fällen färben sich diese tafelförmigen Zellen der „Bastumwallung" durch Jod und Schwefelsäure blau, in den meisten Fällen gelb. Man sieht daraus, daß in der That die Umgebung der Hartbastbündel leicht geneigt zur Zellvermehrung ist.

Die Bastumwallungen aus Korkgewebe sind aber keineswegs auf die Umgebung der Maserknollen beschränkt; sie finden sich überall bei allen bisher von mir untersuchten Bäumen an einzelnen Stellen nach manchen Verletzungen. Hier haben aber die Zellen in der That stets den Charakter der Korkzellen und dienen vorzugsweise dazu, ein erkranktes Bastbündel von dem gesunden Gewebe abzugrenzen. Wer viel mit kranken Hölzern gearbeitet hat, weiß, wie empfindlich die scheinbar so resistent gebauten Bastzellen sind. An ihnen läßt sich durch die braune Färbung und das deutlichere Hervortreten ihrer Schichtung häufig die Erkrankung tiefer im Gewebe erkennen, als an dem Rindenparenchym der Umgebung.

Die Bastumwallung beginnt in der Regel in den Zellen der Bastscheide, bleibt bisweilen halbseitig oder ist wenigstens an der Außenseite stärker entwickelt. Aehnliche Erscheinungen, wie die Umwallung der Bastbündel finden sich auch bei einzelnen Parenchympartien, welche ohne einen bisher erkannten Grund den Kern für eine ringförmig um dieselbe sich bildende Meristemzone in der Rinde abgeben und damit ebenfalls die Entstehung der Rindenknollen einleiten. Derartige Knollen sind meist etwas regelmäßiger gebaut, indem der Verlauf der Gewebeelemente für mehrere Jahresringe ein paralleler bleibt. Man findet dann im centralen Längsschnitt, der sich durch das Verbleiben der Markstrahlen in annähernd derselben Ebene kenntlich macht, die ringförmig gebogenen Gefäßröhren ihrer ganzen Länge nach vom Schnitt getroffen, so daß diese als helle concentrische Ringpartien die dunklen, parallellaufenden Holzzellzonen unterbrechen.

Einen interessanten Beitrag und Schlüssel zur Knollenbildung liefern die Zeichnungen (Taf. XVI) aus der Rinde eines gesunden, einjährigen Birnenzweiges. Wir sehen in Fig. 1 den Basaltheil eines sehr kräftigen, einjährigen Birnentriebes, dessen Knospen a nicht in der normalen $^2/_5$ Stellung angelegt sind; b ist die mitten im Internodium befindliche, einseitige Anschwellung, die in Fig. 5 an der tiefsten, der Zweigbasis zugewandten Stelle, in Fig. 3 in der mittleren Region und in Fig. 4 in der höchsten Zone quer durchschnitten dargestellt ist. In den Figuren 3, 4, 5 bedeuten dieselben Buchstaben auch dieselben Theile; r Rinde des Zweiges, g^1, g^2 u. s. w. sind dieselben Rinden-

gefäßbündel in den verschiedenen Entwicklungsstadien; es zeigt sich, daß diejenigen, welche zuerst angelegt sind, auch zuerst nach ihrem Eintritt in die Achse kleiner werden. m der Markkörper, mb die Markbrücke eines centralen Blattspurstranges, dessen Begleitsbündel sich ungleichmäßig entwickelt haben, mst Markstrahlen, hb Hartbastbündel, welche den centralen Kern der in der Rinde gebildeten Holzstränge ausmachen. Fig. 4 rt ist die durch Druck getödtete Rinde, welche durch die in die Achse des Zweiges eintretenden Holzstränge in den Stamm hineingepreßt worden ist. Fig. 5 g^8 zeigt einen Holzstrang mit den ersten Anfängen der Umwallung; man sieht dieselbe auf der Außenseite bereits stärker entwickelt. Fig. 3 g' ist ein Holzstrang, welcher noch nicht völlig zum Holzcylinder geschlossen ist; seine Bildung erfolgte in der Weise, daß auf der Außenseite des Hartbastbündels in der Bastscheide die Zellvermehrung begann, welche die Ausbildung von Gefäßelementen und Holzzellen zur Folge hatte. Dieser einseitig entstandene Holzkörper schließt sich durch allmähliche Verschmelzung der beiden gegeneinander wachsenden, nach innen gewendeten Ränder. Fig. 5 c' die Cambiumzone eines bereits auf der Innenseite geschlossenen, an der Verschmelzungsstelle aber noch nierenförmig eingedrückten Holzstranges. Fig. 2 stellt einen Theil von Fig. 3 g^1 vergrößert dar.

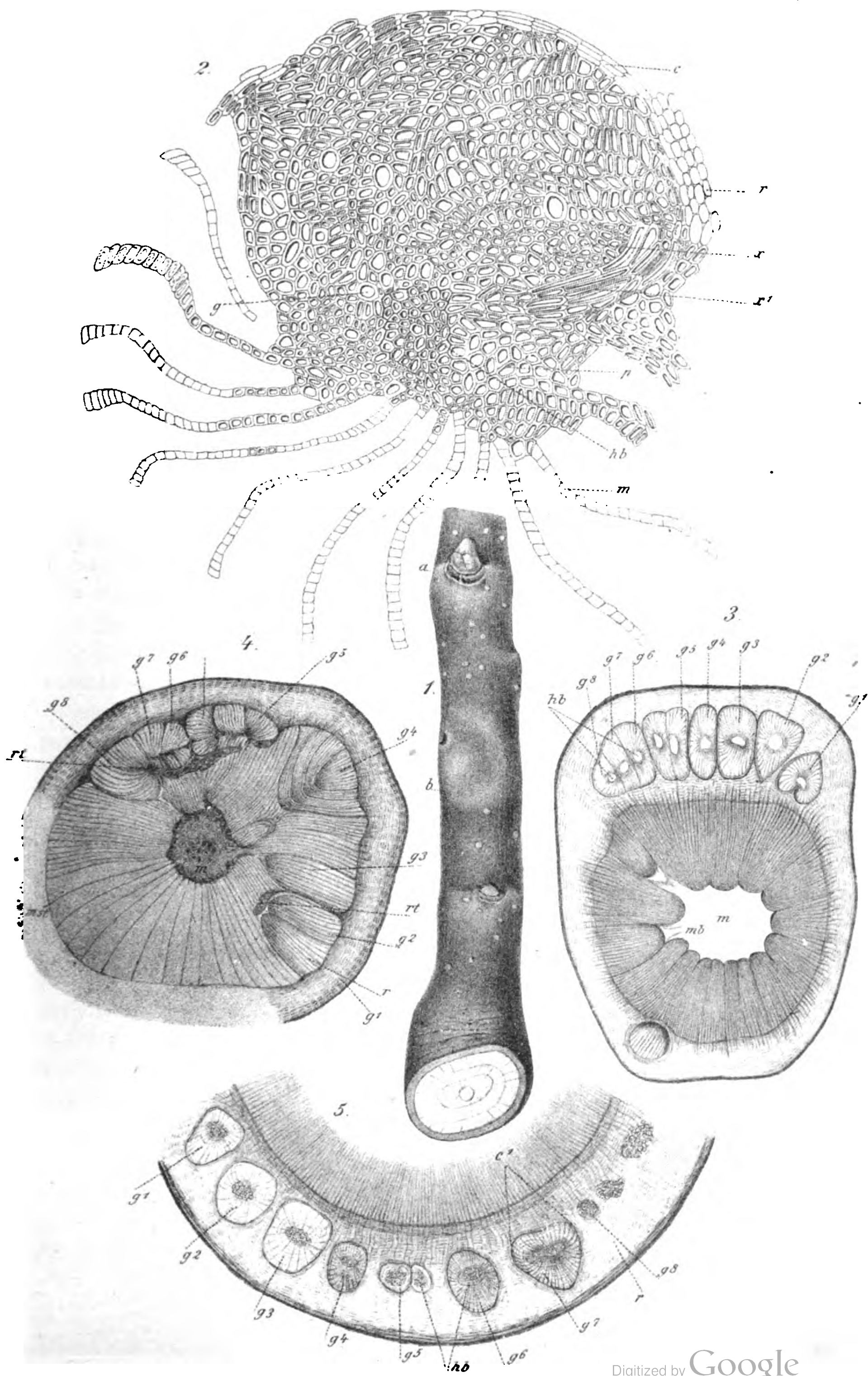
Man erkennt in Figur 2 eine vollkommene Uebereinstimmung mit dem Centrum der Knollenmaser vom Apfel. hb Hartbastkörper, p Holzparenchym, g Gefäßzellen, x kurze, quergeschnittene, x' in der Horizontalrichtung verlaufende Holzzellen der nach innen gewendeten Wölbung des Holzstranges an der Stelle, wo die beiden Ränder sich vereinigt haben. m die wie Fangarme verlaufenden Markstrahlreihen, c die rings den Strang umgebende Cambiumzone, r jüngstes Rindenparenchym der speziellen Strangrinde.

Die Holzstränge (Fig. 5) entstanden also an der Basis der Anschwellung durch außergewöhnlich reiche Ernährung der Bastscheiden; ihr Anfang liegt in ungleicher Höhe. Bei ihrer Vergrößerung pressen sie zunächst (Fig. 3) das sie von einander trennende Gewebe der Rinde zusammen und endlich auch das vor ihnen liegende, sie bisher vom Achsencylinder trennende Gewebe, das als braune Masse im Innern des Holzkörpers (Fig. 4 rt) wiedergefunden wird. Bei dem Eintritt in den Achsencylinder ändert sich die Form der Rindenholzstränge; ihr Kern ist excentrisch geworden und endlich an die Spitze des keilförmigen Stranges gerückt, wie Fig. 4 g^1, g^2 und g^3 zeigen. Es ist also genau die umgekehrte Formveränderung von derjenigen, welche ein normales, aus dem Achsencylinder in die Rinde tretendes Gefäßbündel erleidet.

Weiter aufwärts war der Zweig normal. [1])

---

[1]) Ueber die Aehnlichkeit dieser Bildung secundärer Holzkörper mit der bei den Sapindaceen. Vergl. Sorauer: Die Knollenmaser der Kernobstbäume. Landwirthsch. Versuchsstationen 1878.


2.
c
r
x
x1
g
p
hb
m
a
1.
b
3.
4.
g7
g6
g5
g4
g3
g2
g1
g8
hb
rt
m
mst
r
mb
5.
c1
g1
g2
g3
g4
g5
hb
g6
g7
g8
r



Das Vorkommen rindenbürtiger Holzstränge legt somit die Entwicklung der Knollenmaser in folgender Weise klar. Die fertige Maser ist eine im Rindenkörper isolirte Holzkugel, deren Oberfläche von einem Cambium- und Rindenmantel gebildet ist, welcher seine Nahrung aus dem umgebenden Rindengewebe empfängt. Nach den noch zu wiederholenden Untersuchungen der oben genannten Forscher können diese Maserknollen oder Knollenmasern aus einer ruhenden Knospe sich entwickeln und daher ursprünglich im Zusammenhange mit dem Holzkörper des Zweiges stehen. In vielen Fällen entstehen sie aber auch als schalenförmige Holzumlagerungen um ein Hartbastbündel oder eine andere Rindengewebegruppe, vermuthlich bei Druckerhöhung auf eine beschränkte, üppige Rindenparthie. Die Knolle wird allmählich durch Hinausrücken in die äußeren, der Borkenbildung verfallenden Rindenregionen abgestoßen; die der Knollenbildung verwandten, secundären Holzstränge der Rinde können aber auch in den Achsenkörper hineinrücken und zum Bestandtheil des normalen Holzcylinders eines Zweiges werden. Aeußere Wunden an dem Knollenkörper heilen durch Ueberwallung, wie bei dem normalen Zweige, und es liegt kein Grund vor, zu leugnen, daß aus dem Ueberwallungsrande, sowie aus der normalen Knollenrinde sich Adventivaugen entwickeln, wie dies bei den Oelbäumen angegeben wird.

Zu erwähnen ist noch, daß die großen, kugeligen Anschwellungen, welche bei Ueberwallung der Ansatzstellen von Loranthus europaeus auf Eichenästen entstehen, auch als Maserknollen oder Köpfe angesprochen werden. Es sind nach unserer Eintheilung keine eigentlichen „Masern“, sondern „Maserige Bildungen.“

Kropfmaser.

Ebenso wie bei der Bildung der Knollenmaser der erste Entstehungsheerd bald in einer Knospe zu suchen ist, bald aus vereinzelten Zellgruppen des Rindengewebes besteht, finden wir bei der Kropfmaser die ersten Anfänge theils als Knospenanhäufungen, theils als einfache Rindenwucherungen ohne Mitwirkung von Knospenkegeln beschrieben.

Als Beispiel einer ausgezeichneten Kropfmaserbildung, deren Holzkörper nach Entfernung der auffallend dicken Rinde die spießigen Fortsätze abgestorbener Knospenkegel zeigt, geben wir die Abbildung (Fig. 38, s. S. 732) eines Stammstückes von Acer campestre; bei a finden wir die Flächenansicht, bei b den Querschnitt der spießigen Holzkegel, deren Markparenchym durch die dunkleren Innenkreise angedeutet ist.

Aehnliche Bildungen treten bei sehr verschiedenen Baumgattungen auf und zwar sowohl an beliebigen Stellen der oberirdischen Achse, als auch, obwohl viel seltener, bei Wurzelstockknospen. Besonders bevorzugt sind diejenigen Stellen, an denen Aeste abgeschnitten worden sind. Bei den Bäumen, welche leicht zu Knospenbildungen neigen, strecken sich dann die sich häufenden Proventiv- und Adventivknospen in dem am Stamm verbliebenen Astgrunde. Die aus

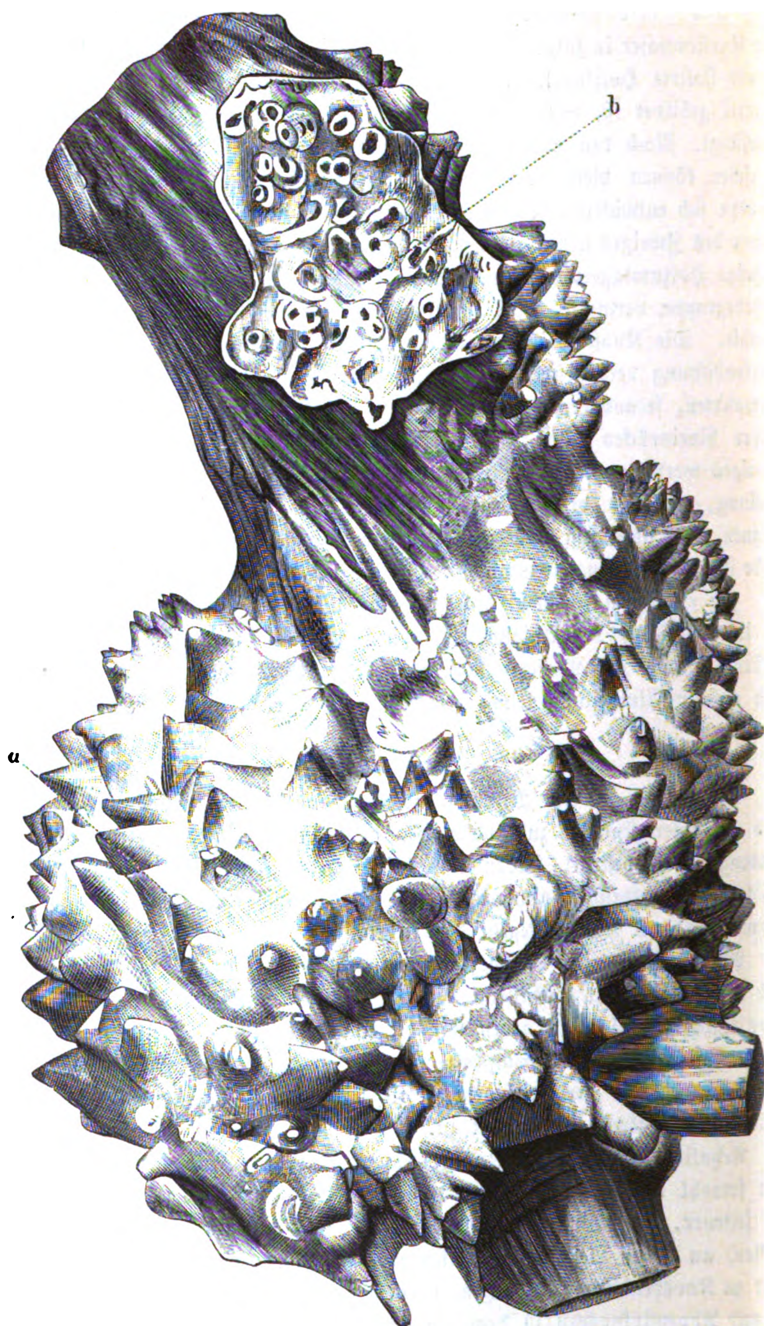


Fig. 38.

dem Cambium des Mutterstammes hervorgehenden Holzelemente nehmen durch die vielfachen Hindernisse, welche die durchbrechenden Knospenkegel bieten, einen um dieselben herum sich schlängelnden Verlauf. Der gewundene Verlauf verlangsamt jedenfalls den Transport von Wasser- und Nährmaterial. Im Verhältniß zu den knospenfreien Parthien besteht bei den Kropfmasern die knospenreiche Region aus relativ bedeutend mehr parenchymatischem Gewebe. Dieses ist aber der Speicher für die Reservenahrung; mithin liegt in der Knospenregion bedeutend mehr Reservematerial, das zu Neubildungen verwendbar ist. Veranlassung zu Neubildungen bietet das Absterben der alten Knospenkegel. Auf diese Weise häufen sich die jungen Zweiganlagen von kurzer Lebensdauer und der Verlauf der zur Hauptachse gehörigen, zwischenliegenden Holzelemente wird immer gewundener, die Nährstoffleitung eine immer langsamere. Die Maser behält von dem über ihr durch den normalen, belaubten Theile gebildeten, plastischen Material immer mehr für sich, läßt somit immer weniger der unter ihr liegenden Achsenparthie zu Hülfe kommen, und dieselbe würde, falls sie nicht selbst beblätterte Zweige besitzt, zu Grunde gehen, wäre die Masergeschwulst nicht meist einseitig an der Achse, so daß die gegenüberliegende Seite frei und der normalen Ernährung dauernd zugänglich bleibt.

Bei der gegebenen Darstellung der Kropfmaserbildung ist zu betonen, daß dieselbe aus dem Befunde ausgewachsener, fertiger Gebilde erschlossen und nicht direkt in ihrer Entwicklung aus den ersten Jugendzuständen beobachtet worden ist. Was mir bisher an Jugendzuständen, die vielleicht zu Masern sich später ausgebildet hätten, zugänglich gewesen, erstreckt sich auf beulige Auftreibungen bei Birnenstämmen, welche stark zurückgeschnitten worden waren. Die Beulen traten mitten in Internodien auf und erschienen als weiche Rindenauftreibungen. Der Längsschnitt zeigte, daß von der diesjährigen Cambiumzone aus sich eine kuppelförmige, meristematische Gewebeanhäufung erhob, deren peripherische Parthien sich noch innerhalb der geschlossenen Rinde in mehrere, fast fächerartig gestellte Knospenkegel differenzirte. Soviel ist also sicher, daß nach Verwundungen verzweigte Knospenanlagen adventiv mitten in einem Internodium entstehen können und daß diese Knospenstämme in ganz jugendlichem Zustande in den Achseln ihrer primären Blattanlagen schon wieder Knospen angelegt haben.

Ob solche Bildungen zu Masern werden, weiß ich nicht. Bejahenden Falls sind sie sicher nicht die einzigen Anfänge der Kropfmaser; denn Frank[1]) veröffentlicht eine Entwicklungsgeschichte der Eschenkropfmaser, welche zeigt, daß die Maser zwar ebenfalls mit dem alten Holzcylinder in direkter Verbindung steht, daß ihre Anfänge aber mit einer adventiven Knospenbildung nichts zu thun haben.

---

[1]) Die Krankheiten der Pflanzen, S. 126 ff.

In Folge kleiner Verletzungen der Korklagen, manchmal sogar nur in Folge kleiner Rißstellen über Lenticellen sah Frank zwischen den vertrocknenden Rändern der geplatzten, äußeren Rindenschicht kugelige oder langschwielige, weiche Neubildungen aus radial gereihten Parenchymzellen mit Bastgewebe einzeln oder gruppenweise gehäuft hervortreten; es sind Wucherungen des Rindengewebes, die mit einer feinen Korklage überzogen sind. Später wird unterhalb dieser Rindenwucherung, an deren Basis bedeutende Sclerenchymzellennester sich vorfinden, auch der Holzkörper hypertrophisch, und wölbt sich als Regel in die Rindenauftreibung hinein. Hier handelt es sich nicht um Knospenbildungen, und wir werden daher bis zum Erscheinen vergleichender, entwicklungsgeschichtlicher Studien annehmen müssen, daß die Kropfmaserbildungen aus verschiedenen Anfängen hervorgehen können.

Aufmerksam mag hier auf eine Beobachtung Th. Hartig's an Pappelstecklingen gemacht werden, nach welcher sich aus den Lenticellen Adventivknospen entwickeln können.[1]) Begünstigt sah Hartig diese Entstehung durch Eintauchen der Stecklinge fast der ganzen Länge nach in Wasser oder Ueberziehen des ganzen Steckreises mit Schellack.

Maserige Ueberwallungsränder.

Von den eigentlichen Masern zu unterscheiden sind die maserigen Ueberwallungsränder, von denen wir eine Abbildung (Fig. 39) geben, welche die Ueberwallungskappe eines Eichenastes darstellt. Die Rinde der Kappe ist entfernt worden; das alte Astholz ist herausgefault, so daß dieses ganze Gebilde nur die stehengebliebenen, mit einander verschmolzenen Ueberwallungsränder darstellt. Die kreisrunden Flecken sind die „Maseraugen“, um welche sich die prosenchymatischen Elemente in vielfach geschlängeltem Verlauf herumgelagert zeigen. Unter den „Augen“ des Maserholzes sind aber nicht wirkliche Knospen zu verstehen, sondern nur vertiefte Gewebecentren, um welche sich schalenförmig und später schlängelig die Holzfaser herumlagert. Während da, wo wirkliche Augen entstehen, eine spießige, holzige Erhebung vorhanden, ist bei den Maseraugen eine aus parenchymatischem Gewebe gebildete, manchmal durch Abrunden und Auseinanderfallen der Zellen verstärkte Vertiefung zu sehen, um welche herum sich Holz von normaler Zusammensetzung aus Holzzellen, Markstrahlzellen und Gefäßen lagert. Abnorm nur ist die schalenförmige, an die Knollenmaser erinnernde Lagerung und das häufige Auftreten sehr stark erweiterter, an die Markflecken erinnernder Markstrahlgebilde, welche bisweilen zu einem zweiten Centrum sich ausbilden können. Derartige Maserungen können bei allen möglichen Ueberwallungserscheinungen sich einstellen. Ich vermuthe, daß außergewöhnliche, ungleiche Vertheilungen im Rindendruck die Ursache der Ablenkung der Holzfaser von dem schlanken, vertikalen Verlauf sind. Und zwar

[1]) Ueber die Adventivknospen der Lenticellen. Bot. Zeit. 1853, Nr. 29.

dürfte ein besonders bevorzugtes Wachsthum einzelner Markstrahlen die Ursache der lokalen Ungleichheit des Rindendruckes darstellen. Daß ein solches Ueberwiegen in der Ausbildung einzelner Markstrahlpartbien thatsächlich stattfindet, lehren die zur Zeit größter Cambialthätigkeit ausgeführten Schälversuche, bei denen man bemerkt, daß der bloßgelegte Splint selten eine vollkommen glatte Fläche darstellt. Es zeigen sich im Gegentheil meist kleine, schwielige Vorsprünge, welche sich als Markstrahlendigungen erweisen. Also in derjenigen peripherischen Ebene, in welcher die übrigen Splintelemente den geringsten

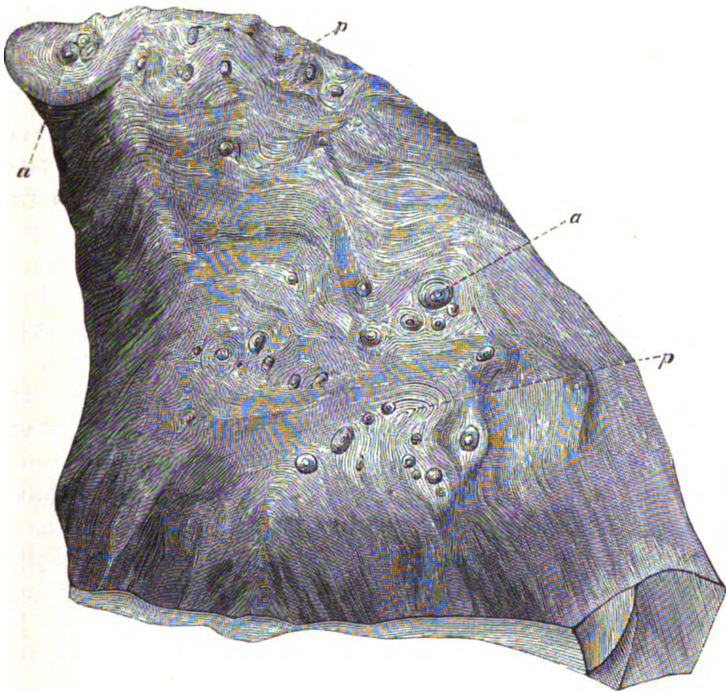


Fig. 39.

Widerstand leisten und von der Rinde sich trennen, sind einzelne Markstrahlen schon von festerem Gefüge und ihre jüngste, widerstandsloseste Zone ist schon radial weiter nach außen gerückt. Nicht immer aber sind es die Markstrahlen, welche einen intensiveren, radialen Vorstoß auf die Rinde ausüben und dieselbe ausbauchen; bei Spiraea opulifolia läßt sich an Krebsholz deutlich nachweisen, daß radial gestellte Holzkeile durch parenchymatische Erweiterung ihrer Zellen sich vom normalen Holz differenzieren und Rindenkappen über die Peripherie hervorstoßen, welche ebenfalls lockerer als die Umgebung gebaut sind. Es ist

nun recht gut denkbar, daß solche früher fertige und darum härtere Zellgruppen gleichsam wie eingeschlagene Nägel sich verhalten, um welche herum sich die jüngeren Splintelemente lagern.

Auf Differenzen im Rindendruck führt Nördlinger[1]) auch die Entstehung des „geflammten" und „gewellten Holzes" zurück. Es ist eine bei manchen Baumarten sehr häufige Erscheinung, daß sie im Stammquerschnitt einen welligen Verlauf der Jahresringe und auf der Längsspaltfläche ein geflammtes Aussehen zeigen. Die Ursachen für diese Erscheinung sind sehr verschieden. Nördlinger beobachtete z. B. an denjenigen Stellen einer im Schatten stehenden, jungen Esche, an welchen Schildläuse (Aspidiotus) sogen, eine äußerlich sich bemerkbar machende Einsenkung der Rinde, welche aber an der Einsenkungsstelle nicht dünner, sondern eher dicker erschien und nur dadurch die äußere Vertiefung zeigte, daß der Holzkörper eingebuchtet war.

Eine häufigere und von mehreren Forschern[2]) beobachtete, von Göppert[3]) sogar auch an fossilen Hölzern nachgewiesene Ursache der Wellung des Holzkörpers ist die Entstehung vieler Aeste, an deren Austrittsstelle das Holz der sich überlegenden Jahresringe direkt über dem Aste emporgehoben, an den beiden Seiten aber eingesenkt erscheint. Je mehr Aeste in einem Querschnitt angetroffen werden, desto mehr wellenförmige Buchtungen zeigt die Peripherie. In andern Fällen ist die Lockerung des Rindendruckes (nach Nördlinger) durch Auftreten von Rindenrissen oder großen Lenticellen u. dgl. als Grund zu Holzaufbauchungen zu betrachten. Indeß giebt der Autor selbst an, daß in Folge eines Aufreißens der Rindenschichten auch Holzeinbauchungen entstehen können (Taxodium adscendens Brgn., Melia japonica G. Don., Lonicera quinquelocularis Hardn. u. A.), wobei an den Einbuchtungsstellen des Holzkörpers eine stärkere Rindenentwicklung stattfindet. Namentlich bei Eichen, meint Nördlinger, daß die Holzeinbuchtungen vom Druck der davorliegenden Steinzellennester herrühren. In andern Fällen sollen die Hartbastbündel die Veranlassung geben. Bei Coniferen (Fichte) wird von Marchand dem Druck der Rindenharzcanäle die Holzeinbuchtung zugeschrieben. Aehnlich pressend sollen auch die Verlängerungen der Markstrahlen innerhalb der Rinde wirken (Buche). Meiner oben erwähnten Ansicht nach läßt sich die Wellenform auch dadurch erklären, daß Mark- und Rindenstrahlgewebe früher in den Ruhezustand tritt, während die zwischen den Markstrahlen liegende Cambiumzone noch fortbildungsfähig ist und also den Holzring noch ausbaucht. Für meine Ansicht, daß nicht

---

[1]) Nördlinger: Wirkung des Rindendruckes auf die Form der Holzringe. Centralbl. f. d. gesammte Forstwesen. Wien, Oktober 1880.

[2]) H. Hoffmann: Centralbl. 1878, Heft 12. — Göppert: Centralbl. 1880, Heft 5. Verhandl. d. schles. Forstvereins 1845.

[3]) Göppert: Fossile Coniferen 2c. Preisschrift. Leiden 1850. Permische Flora 1864, Taf. 56.

der Rindendruck durch verschiedene, eingelagerte Gewebegruppen, sondern der ungleichzeitige Stillstand im Wachsthum der einzelnen Stellen die Holzausbuchtungen hervorruft, spricht auch die Aeußerung Nördlinger's bei Ephedra fragilis Desf. und Kalmia latifolia L., „freilich begreift man bei der Dünne der sich abblätternden Rinde nicht recht, wie diese den Druck ausübt.“ —

Unaufgeklärt ist bis jetzt noch die Entstehung zapfenartiger oder breit kegelförmiger Höcker, wie solche an den Wurzeln von Taxodium distichum beobachtet werden. Aehnliche, mehr cylindrische Zapfen an Stämmen von Erlen und andern Waldbäumen, sind auf kappenartige Ueberwallung von Aestchen zurückzuführen.

Die fast bei allen Eucalyptus-Arten an der Stammbasis über den Narben der ersten Blätter auftretenden, knollenartigen, erbsen- bis wallnußgroßen Geschwülste, welche bisweilen zu einem kragenartig die Stammbasis umgebenden Gebilde verschmelzen, stehen nach Jönsson[1]) in naher Beziehung zu den Knospen, die in größerer Anzahl in den Blattwinkeln sich vorfinden und schlafend bleiben, mit Ausnahme der ersten, welche frei bleibt. Diese ruhenden Knospen der untersten Blätter fangen nach einem längeren Zeitraume an, wieder aufzuleben, wobei das umgebende Gewebe starke Zellvermehrung zeigt und auf der primären Knolle secundäre gebildet werden. Auch bei andern Myrtaceen werden ähnliche Erscheinungen angegeben. Diese Bildungen dürften sich also den Knollenmasern anreihen.

Bei allen Masern und Maserbildungen wird es besser sein, nicht künstlich einzugreifen. Man könnte nur durch tiefes Wegschneiden der Auswüchse helfen, und die dadurch entstehenden, breiten Wunden sind selbst im besten Falle einer relativ schnell eintretenden, normalen Ueberwallung doch zu gefährliche Eintrittsstellen für Pilz- und Wundfäule. Ist man dennoch gezwungen, Masern zu entfernen, so muß ein festschließender Wundkitt zur Anwendung kommen.

Wurzelkropf.

Zu den ächten Maserbildungen ist die in umstehenden Figuren dargestellte Anschwellung zu rechnen, die als „Wurzelkropf“ vielleicht zu bezeichnen wäre. Die Geschwülste sind mir bis jetzt nur von Aepfel- (Fig. 40) und Birnbäumen (Fig. 41, s. S. 738) bekannt geworden; sie erscheinen meist am Wurzelhalse junger Bäumchen in Größe einer Haselnuß oder Wallnuß. Bei älteren Exemplaren können sie Faustgröße und darüber erreichen. Ihr Vorkommen ist bej jungen Exemplaren der Baumschule vielfach nur auf den Wurzelhals beschränkt; nicht selten jedoch findet man auch Kropfgeschwülste an den tief in der Erde liegenden Wurzelästen und selbst an feinen, einjährigen Würzelchen. Bei alten Bäumen, bei denen ihr Auftreten überhaupt nicht sehr

[1]) Bot. Centralbl. 1883, Nr. 43, S. 104.

gefäßbündel in den verschiedenen Entwicklungsstadien; es zeigt sich, daß diejenigen, welche zuerst angelegt sind, auch zuerst nach ihrem Eintritt in die Achse kleiner werden. m der Markkörper, mb die Markbrücke eines centralen Blattspurstranges, dessen Begleitsbündel sich ungleichmäßig entwickelt haben, mst Markstrahlen, hb Hartbastbündel, welche den centralen Kern der in der Rinde gebildeten Holzstränge ausmachen. Fig. 4 rt ist die durch Druck getödtete Rinde, welche durch die in die Achse des Zweiges eintretenden Holzstränge in den Stamm hineingepreßt worden ist. Fig. 5 g^8 zeigt einen Holzstrang mit den ersten Anfängen der Umwallung; man sieht dieselbe auf der Außenseite bereits stärker entwickelt. Fig. 3 g' ist ein Holzstrang, welcher noch nicht völlig zum Holzcylinder geschlossen ist; seine Bildung erfolgte in der Weise, daß auf der Außenseite des Hartbastbündels in der Bastscheide die Zellvermehrung begann, welche die Ausbildung von Gefäßelementen und Holzzellen zur Folge hatte. Dieser einseitig entstandene Holzkörper schließt sich durch allmähliche Verschmelzung der beiden gegeneinander wachsenden, nach innen gewendeten Ränder. Fig. 5 c' die Cambiumzone eines bereits auf der Innenseite geschlossenen, an der Verschmelzungsstelle aber noch nierenförmig eingedrückten Holzstranges. Fig. 2 stellt einen Theil von Fig. 3 g^1 vergrößert dar.

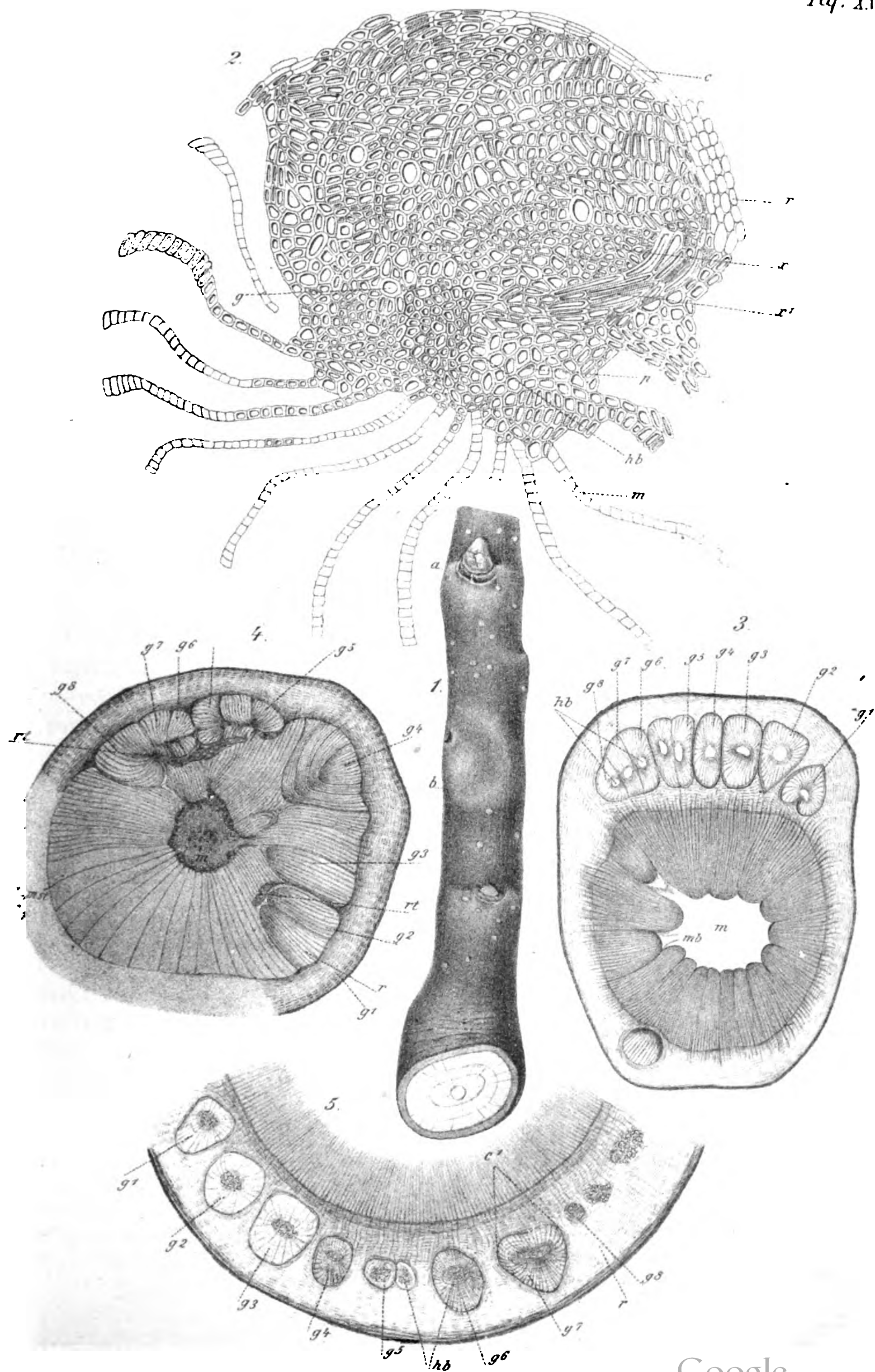
Man erkennt in Figur 2 eine vollkommene Uebereinstimmung mit dem Centrum der Knollenmaser vom Apfel. hb Hartbastkörper, p Holzparenchym, g Gefäßzellen, x kurze, quergeschnittene, x' in der Horizontalrichtung verlaufende Holzzellen der nach innen gewendeten Wölbung des Holzstranges an der Stelle, wo die beiden Ränder sich vereinigt haben. m die wie Fangarme verlaufenden Markstrahlreihen, c die rings den Strang umgebende Cambiumzone, r jüngstes Rindenparenchym der speziellen Strangrinde.

Die Holzstränge (Fig. 5) entstanden also an der Basis der Anschwellung durch außergewöhnlich reiche Ernährung der Bastscheiden; ihr Anfang liegt in ungleicher Höhe. Bei ihrer Vergrößerung pressen sie zunächst (Fig. 3) das sie von einander trennende Gewebe der Rinde zusammen und endlich auch das vor ihnen liegende, sie bisher vom Achsencylinder trennende Gewebe, das als braune Masse im Innern des Holzkörpers (Fig. 4 rt) wiedergefunden wird. Bei dem Eintritt in den Achsencylinder ändert sich die Form der Rindenholzstränge; ihr Kern ist excentrisch geworden und endlich an die Spitze des keilförmigen Stranges gerückt, wie Fig. 4 g^1, g^2 und g^3 zeigen. Es ist also genau die umgekehrte Formveränderung von derjenigen, welche ein normales, aus dem Achsencylinder in die Rinde tretendes Gefäßbündel erleidet.

Weiter aufwärts war der Zweig normal. [1])

---

[1]) Ueber die Aehnlichkeit dieser Bildung secundärer Holzkörper mit der bei den Sapindaceen. Vergl. Sorauer: Die Knollenmaser der Kernobstbäume. Landwirthsch. Versuchsstationen 1878.


2.
c
r
x
x'
g
p
hb
m
a
1.
b
4.
3.
g1
g2
g3
g4
g5
g6
g7
g8
rt
ms
mb
5.
c'



Das Vorkommen rindenbürtiger Holzstränge legt somit die Entwicklung der Knollenmaser in folgender Weise klar. Die fertige Maser ist eine im Rindenkörper isolirte Holzkugel, deren Oberfläche von einem Cambium- und Rindenmantel gebildet ist, welcher seine Nahrung aus dem umgebenden Rindengewebe empfängt. Nach den noch zu wiederholenden Untersuchungen der oben genannten Forscher können diese Maserknollen oder Knollenmasern aus einer ruhenden Knospe sich entwickeln und daher ursprünglich im Zusammenhange mit dem Holzkörper des Zweiges stehen. In vielen Fällen entstehen sie aber auch als schalenförmige Holzumlagerungen um ein Hartbastbündel oder eine andere Rindengewebegruppe, vermuthlich bei Druckerhöhung auf eine beschränkte, üppige Rindenpartie. Die Knolle wird allmählich durch Hinausrücken in die äußeren, der Borkenbildung verfallenden Rindenregionen abgestoßen; die der Knollenbildung verwandten, secundären Holzstränge der Rinde können aber auch in den Achsenkörper hineinrücken und zum Bestandtheil des normalen Holzcylinders eines Zweiges werden. Aeußere Wunden an dem Knollenkörper heilen durch Ueberwallung, wie bei dem normalen Zweige, und es liegt kein Grund vor, zu leugnen, daß aus dem Ueberwallungsrande, sowie aus der normalen Knollenrinde sich Adventivaugen entwickeln, wie dies bei den Oelbäumen angegeben wird.

Zu erwähnen ist noch, daß die großen, kugeligen Anschwellungen, welche bei Ueberwallung der Ansatzstellen von Loranthus europaeus auf Eichenästen entstehen, auch als Maserknollen oder Köpfe angesprochen werden. Es sind nach unserer Eintheilung keine eigentlichen „Masern“, sondern „Maserige Bildungen.“

Kropfmaser.

Ebenso wie bei der Bildung der Knollenmaser der erste Entstehungsheerd bald in einer Knospe zu suchen ist, bald aus vereinzelten Zellgruppen des Rindengewebes besteht, finden wir bei der **Kropfmaser** die ersten Anfänge theils als Knospenanhäufungen, theils als einfache Rindenwucherungen ohne Mitwirkung von Knospenkegeln beschrieben.

Als Beispiel einer ausgezeichneten Kropfmaserbildung, deren Holzkörper nach Entfernung der auffallend dicken Rinde die spießigen Fortsätze abgestorbener Knospenkegel zeigt, geben wir die Abbildung (Fig. 38, s. S. 732) eines Stammstückes von Acer campestre; bei a finden wir die Flächenansicht, bei b den Querschnitt der spießigen Holzkegel, deren Markparenchym durch die dunkleren Innenkreise angedeutet ist.

Aehnliche Bildungen treten bei sehr verschiedenen Baumgattungen auf und zwar sowohl an beliebigen Stellen der oberirdischen Achse, als auch, obwohl viel seltener, bei Wurzelstockknospen. Besonders bevorzugt sind diejenigen Stellen, an denen Aeste abgeschnitten worden sind. Bei den Bäumen, welche leicht zu Knospenbildungen neigen, strecken sich dann die sich häufenden Proventiv- und Adventivknospen in dem am Stamm verbliebenen Astgrunde. Die aus

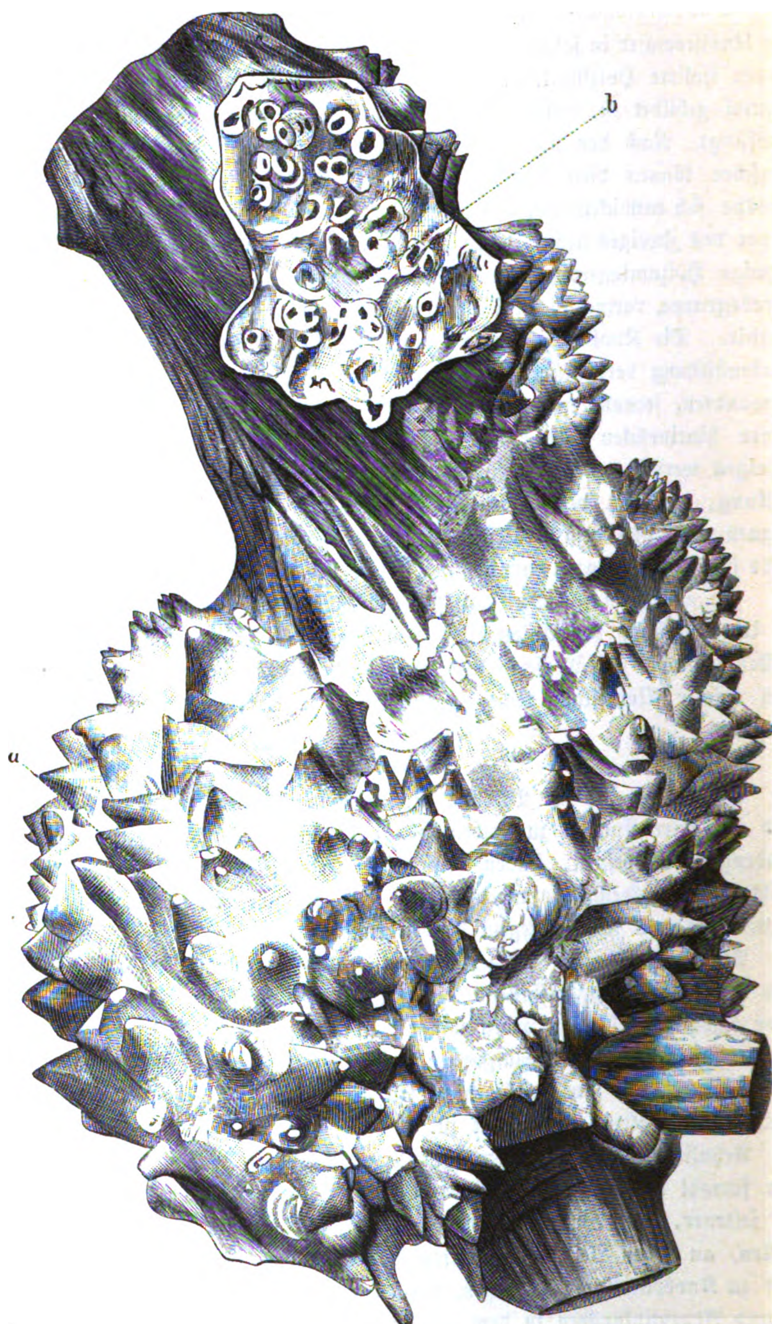


Fig. 38.

dem Cambium des Mutterstammes hervorgehenden Holzelemente nehmen durch die vielfachen Hindernisse, welche die durchbrechenden Knospenkegel bieten, einen um dieselben herum sich schlängelnden Verlauf. Der gewundene Verlauf verlangsamt jedenfalls den Transport von Wasser- und Nährmaterial. Im Verhältniß zu den knospenfreien Parthien besteht bei den Kropfmasern die knospenreiche Region aus relativ bedeutend mehr parenchymatischem Gewebe. Dieses ist aber der Speicher für die Reservenahrung; mithin liegt in der Knospenregion bedeutend mehr Reservematerial, das zu Neubildungen verwendbar ist. Veranlassung zu Neubildungen bietet das Absterben der alten Knospenkegel. Auf diese Weise häufen sich die jungen Zweiganlagen von kurzer Lebensdauer und der Verlauf der zur Hauptachse gehörigen, zwischenliegenden Holzelemente wird immer gewundener, die Nährstoffleitung eine immer langsamere. Die Maser behält von dem über ihr durch den normalen, belaubten Theile gebildeten, plastischen Material immer mehr für sich, läßt somit immer weniger der unter ihr liegenden Achsenparthie zu Hülfe kommen, und dieselbe würde, falls sie nicht selbst beblätterte Zweige besitzt, zu Grunde gehen, wäre die Masergeschwulst nicht meist einseitig an der Achse, so daß die gegenüberliegende Seite frei und der normalen Ernährung dauernd zugänglich bleibt.

Bei der gegebenen Darstellung der Kropfmaserbildung ist zu betonen, daß dieselbe aus dem Befunde ausgewachsener, fertiger Gebilde erschlossen und nicht direkt in ihrer Entwicklung aus den ersten Jugendzuständen beobachtet worden ist. Was mir bisher an Jugendzuständen, die vielleicht zu Masern sich später ausgebildet hätten, zugänglich gewesen, erstreckt sich auf beulige Auftreibungen bei Birnenstämmen, welche stark zurückgeschnitten worden waren. Die Beulen traten mitten in Internodien auf und erschienen als weiche Rindenauftreibungen. Der Längsschnitt zeigte, daß von der diesjährigen Cambiumzone aus sich eine kuppelförmige, meristematische Gewebeanhäufung erhob, deren peripherische Parthien sich noch innerhalb der geschlossenen Rinde in mehrere, fast fächerartig gestellte Knospenkegel differenzirte. Soviel ist also sicher, daß nach Verwundungen verzweigte Knospenanlagen adventiv mitten in einem Internodium entstehen können und daß diese Knospenstämme in ganz jugendlichem Zustande in den Achseln ihrer primären Blattanlagen schon wieder Knospen angelegt haben.

Ob solche Bildungen zu Masern werden, weiß ich nicht. Bejahenden Falls sind sie sicher nicht die einzigen Anfänge der Kropfmaser; denn Frank[1]) veröffentlicht eine Entwicklungsgeschichte der Eschenkropfmaser, welche zeigt, daß die Maser zwar ebenfalls mit dem alten Holzcylinder in direkter Verbindung steht, daß ihre Anfänge aber mit einer adventiven Knospenbildung nichts zu thun haben.

---

[1]) Die Krankheiten der Pflanzen, S. 126 ff.

nun recht gut denkbar, daß solche früher fertige und darum härtere Zellgruppen gleichsam wie eingeschlagene Nägel sich verhalten, um welche herum sich die jüngeren Splintelemente lagern.

Auf Differenzen im Rindendruck führt Nördlinger[1]) auch die Entstehung des „geflammten“ und „gewellten Holzes“ zurück. Es ist eine bei manchen Baumarten sehr häufige Erscheinung, daß sie im Stammquerschnitt einen welligen Verlauf der Jahresringe und auf der Längsspaltfläche ein geflammtes Aussehen zeigen. Die Ursachen für diese Erscheinung sind sehr verschieden. Nördlinger beobachtete z. B. an denjenigen Stellen einer im Schatten stehenden, jungen Esche, an welchen Schildläuse (Aspidiotus) sogen, eine äußerlich sich bemerkbar machende Einsenkung der Rinde, welche aber an der Einsenkungsstelle nicht dünner, sondern eher dicker erschien und nur dadurch die äußere Vertiefung zeigte, daß der Holzkörper eingebuchtet war.

Eine häufigere und von mehreren Forschern[2]) beobachtete, von Göppert[3]) sogar auch an fossilen Hölzern nachgewiesene Ursache der Wellung des Holzkörpers ist die Entstehung vieler Aeste, an deren Austrittsstelle das Holz der sich überlegenden Jahresringe direkt über dem Aste emporgehoben, an den beiden Seiten aber eingesenkt erscheint. Je mehr Aeste in einem Querschnitt angetroffen werden, desto mehr wellenförmige Buchtungen zeigt die Peripherie. In andern Fällen ist die Lockerung des Rindendruckes (nach Nördlinger) durch Auftreten von Rindenrissen oder großen Lenticellen u. dgl. als Grund zu Holzaufbauchungen zu betrachten. Indeß giebt der Autor selbst an, daß in Folge eines Aufreißens der Rindenschichten auch Holzeinbauchungen entstehen können (Taxodium adscendens Brgn., Melia japonica G. Don., Lonicera quinquelocularis Hardn. u. A.), wobei an den Einbuchtungsstellen des Holzkörpers eine stärkere Rindenentwicklung stattfindet. Namentlich bei Eichen, meint Nördlinger, daß die Holzeinbuchtungen vom Druck der davorliegenden Steinzellennester herrühren. In andern Fällen sollen die Hartbastbündel die Veranlassung geben. Bei Coniferen (Fichte) wird von Marchand dem Druck der Rindenharzcanäle die Holzeinbuchtung zugeschrieben. Aehnlich pressend sollen auch die Verlängerungen der Markstrahlen innerhalb der Rinde wirken (Buche). Meiner oben erwähnten Ansicht nach läßt sich die Wellenform auch dadurch erklären, daß Mark- und Rindenstrahlgewebe früher in den Ruhezustand tritt, während die zwischen den Markstrahlen liegende Cambiumzone noch fortbildungsfähig ist und also den Holzring noch ausbaucht. Für meine Ansicht, daß nicht

---

[1]) Nördlinger: Wirkung des Rindendruckes auf die Form der Holzringe. Centralbl. f. d. gesammte Forstwesen. Wien, Oktober 1880.

[2]) H. Hoffmann: Centralbl. 1878, Heft 12. — Göppert: Centralbl. 1880, Heft 5. Verhandl. d. schles. Forstvereins 1845.

[3]) Göppert: Fossile Coniferen ꝛc. Preisschrift. Leiden 1850. Permische Flora 1864, Taf. 56.

der Rindendruck durch verschiedene, eingelagerte Gewebegruppen, sondern der ungleichzeitige Stillstand im Wachsthum der einzelnen Stellen die Holzausbuchtungen hervorruft, spricht auch die Aeußerung Nördlinger's bei Ephedra fragilis Desf. und Kalmia latifolia L., „freilich begreift man bei der Dünne der sich abblätternden Rinde nicht recht, wie diese den Druck ausübt.“ —

Unaufgeklärt ist bis jetzt noch die Entstehung zapfenartiger oder breit kegelförmiger Höcker, wie solche an den Wurzeln von Taxodium distichum beobachtet werden. Aehnliche, mehr cylindrische Zapfen an Stämmen von Erlen und andern Waldbäumen, sind auf kappenartige Ueberwallung von Aestchen zurückzuführen.

Die fast bei allen Eucalyptus-Arten an der Stammbasis über den Narben der ersten Blätter auftretenden, knollenartigen, erbsen- bis wallnußgroßen Geschwülste, welche bisweilen zu einem kragenartig die Stammbasis umgebenden Gebilde verschmelzen, stehen nach Jönsson[1]) in naher Beziehung zu den Knospen, die in größerer Anzahl in den Blattwinkeln sich vorfinden und schlafend bleiben, mit Ausnahme der ersten, welche frei bleibt. Diese ruhenden Knospen der untersten Blätter fangen nach einem längeren Zeitraume an, wieder aufzuleben, wobei das umgebende Gewebe starke Zellvermehrung zeigt und auf der primären Knolle secundäre gebildet werden. Auch bei andern Myrtaceen werden ähnliche Erscheinungen angegeben. Diese Bildungen dürften sich also den Knollenmasern anreihen.

Bei allen Masern und Maserbildungen wird es besser sein, nicht künstlich einzugreifen. Man könnte nur durch tiefes Wegschneiden der Auswüchse helfen, und die dadurch entstehenden, breiten Wunden sind selbst im besten Falle einer relativ schnell eintretenden, normalen Ueberwallung doch zu gefährliche Eintrittsstellen für Pilz- und Wundfäule. Ist man dennoch gezwungen, Masern zu entfernen, so muß ein festschließender Wundkitt zur Anwendung kommen.

Wurzelkropf.

Zu den ächten Maserbildungen ist die in umstehenden Figuren dargestellte Anschwellung zu rechnen, die als „Wurzelkropf“ vielleicht zu bezeichnen wäre. Die Geschwülste sind mir bis jetzt nur von Aepfel- (Fig. 40) und Birnbäumen (Fig. 41, s. S. 738) bekannt geworden; sie erscheinen meist am Wurzelhalse junger Bäumchen in Größe einer Haselnuß oder Wallnuß. Bei älteren Exemplaren können sie Faustgröße und darüber erreichen. Ihr Vorkommen ist bei jungen Exemplaren der Baumschule vielfach nur auf den Wurzelhals beschränkt; nicht selten jedoch findet man auch Kropfgeschwülste an den tief in der Erde liegenden Wurzelästen und selbst an feinen, einjährigen Würzelchen. Bei alten Bäumen, bei denen ihr Auftreten überhaupt nicht sehr

[1]) Bot. Centralbl. 1883, Nr. 43, S. 104.



Fig. 40.

Fig. 41.

häufig, sind die Kropfgeschwülste bisher immer nur an den im Boden liegenden Wurzelästen bemerkbar gewesen.

Da, wo die Anschwellungen eine beträchtliche Größe erreichen, sieht man meist ein mangelhaftes Wachsthum der oberirdischen Achse; offenbar absorbirt die Kropfgeschwulst eine Menge plastischen Materials, das der oberirdischen Achse somit verloren geht.

Ein Nachtheil für die Ausbildung des Wurzelapparates ist nur bei alten Exemplaren merklich; mindestens trifft man in der Nähe der Auswüchse eine geringe Faserwurzelbildung. In der nebenstehenden Abbildung des Birnenwildlings bedeuten ro und s einzelne Seitenwurzeln; an s sitzt eine Geschwulst m', aus welcher ein junger, grüner Trieb t hervorbricht.

Die Farbe der Geschwulst ist nur in den Jugendstadien genau dieselbe, wie die der Wurzelrinde; später tritt eine dunklere Färbung auf, in Folge starker Anhäufung abgestorbener Rindentheile. Wenn man die an den feinsten Wurzelzweigen einzeln oder auch zu mehreren auftretenden Knötchen untersucht, findet man, daß dieselben meist einseitig dem Wurzelkörper ansitzen, eine weichere Beschaffenheit als dieser haben, aber im Innern dieselbe weiße, gesunde Färbung und denselben Stärkereichthum wie die Wurzel selbst aufweisen. Bei großen Kropfgeschwülsten sieht man, daß dieselben aus aufeinander gehäuften, halbkugeligen, auseinander hervorgehenden Einzelbildungen bestehen, die der Oberfläche ein perlenartiges oder unregelmäßig warziges Aussehen verleihen. Bei den im ersten Frühjahr gesammelten Exemplaren ist die Erscheinung am häufigsten anzutreffen, daß einzelne der warzenartigen Vorsprünge ein ganz hellbraunes Ansehen und eine vollkommen krautartige Consistenz besitzen.

Derartige Exemplare wurden in Nährstofflösung im warmen Zimmer gehalten und zeigten schon zu Ende des Monats März eine deutliche Verlängerung der hellen Vorsprünge. Etwas später waren dieselben zu grünen, spitz kegelförmigen Knospen mit deutlichen, kleinen Blattanlagen und unverhältnißmäßig großen Achselknospen entwickelt. Wenn man bei dem Einsetzen der Pflanzen in Wasser die Kropfgeschwulst selbst mit untertaucht, bemerkt man, daß dieselbe mit Gasblasen dicht besetzt bleibt, während der übrige Wurzelkörper keine Luftperlen behält.

Die Querschnitte zeigen den wirren Faserverlauf der Maser. An noch sehr kleinen Anschwellungen der feinsten Wurzeläste ist zu erkennen, daß das Centrum des Maserkropfes durch eine todte Gewebestelle des Wurzelkörpers bezeichnet wird. Auch bei großen Geschwülsten führen glückliche Schnitte zu der Ueberzeugung, daß der Anfang in einer Verletzung des Holzcylinders der Wurzel im ersten Jahre ihres Bestehens zu suchen ist. Entweder findet sich ein klaffender, fast bis in's Centrum des ehemals jungen Wurzelkörpers reichender, sofort überwallter, kleiner Spalt mit abgestorbenen Wundrändern, oder man kann auch noch wahrnehmen, daß der Wurzelast im ersten Jahre seiner Entwicklung abgerissen worden war und daß sich sofort sehr üppiger Callus über die Wundfläche gelegt und dieser sich allmählich zu einem Maserbau zeigenden

Ueberwallungsrande ausgebildet hat. Auf welche Weise die ersten Spalten entstehen, ist nicht festzustellen gewesen; indeß deuten einzelne Erscheinungen darauf hin, daß große Spannungsdifferenzen im ungleich gebauten Querschnitt der Wurzel eine Veranlassung abgeben können. Man findet nämlich bisweilen keilförmig nach außen verbreiterte Parenchymmassen im ersten und zweiten Jahresringe des gesunden Wurzelkörpers, die wie enorme Markstrahlverbreiterungen aussehen. In diesen Parenchymkeilen (welche übrigens meristematische Kuppen haben können und möglicherweise Adventivknospen entwickeln) müssen sehr leicht bei starker Zusammenziehung des Wurzelkörpers klaffende Risse entstehen, aber auch sehr schnell überwallen. Der Umstand, daß um unverletzte derartige Parenchymkeile auch Maserverlauf der angrenzenden Holzfasern beobachtet worden ist, läßt den Schluß zu, daß der Wurzelkropf auch ohne Verletzung entstehen kann; indeß möchte dies immerhin der seltnere Fall bleiben, und die Mehrzahl der Maserbildungen wird durch eine Verwundung eingeleitet. In der üppigen Rinde, deren äußere Schichten mit großen, lufterfüllten Intercellularräumen versehen sind, gewahrt man in unregelmäßiger Vertheilung einzelne, kleinzelligere Gewebegruppen. Dieselben zeichnen sich durch bedeutenden Plasmagehalt aus. Bei einem Theile dieser Gruppen ist im Innern eine Größendifferenz der einzelnen zusammensetzenden Zellen kaum wahrzunehmen; dagegen zeigen sich an der Peripherie Zelltheilungen, welche auf die Entstehung einer schalenförmigen Meristemzone hinweisen. Innerhalb dieser Zone findet man hier und da bereits vereinzelte, kurze, aber weite, porös verdickte Zellelemente als erste Anfänge eines Holzkörpers. Weiter entwickelte Zustände zeigen die größte Aehnlichkeit mit den früher eingehend geschilderten Vorgängen der Knollenmaserbildungen.

Bei andern Gruppen plasmareicher Zellen findet sich sehr deutlich eine Differenzirung in der Größe, so daß man eine in Zellvermehrung bleibende Kuppe erkennen kann. Diese ist es, welche sich allmählich zum einfachen oder verzweigten Knospenstamm ausbildet, der (oft erst nach mehreren Jahren) die Rinde durchbricht. Die alljährlich neu sich bildenden Gefäße und Holzzellen des Verdickungsringes zeigen bald den wirr aufsteigenden Verlauf der Kropfmaserbildung, bald die schalenartig um einzelne Centren stattfindende Lagerung der Knollenmaser. Zu unterscheiden sind von diesen, mitten im Rindengewebe sich vorfindenden Zellgruppen die vom Pericambium ausgehenden, ähnlich aussehenden, neuen Wurzelanlagen.

In sehr üppigen Ueberwallungsrändern von Wurzelschnittwunden bei Exemplaren, die aus anderen Baumschulen stammten, in denen Wurzelkropf überhaupt nicht auftritt, zeigten sich ebenfalls die Anfänge der oben geschilderten Maserbildung.

Ich betrachte somit den Wurzelkropf als eine echte, auf den Wurzelkörper und Wurzelhals beschränkte Maserbildung, die nicht parasitäre Ursachen hat.

Daß man an der abgestorbenen Oberfläche derartiger Wucherungen Anguillen und Pilzbildungen genug findet, ist selbstverständlich; aber im gesunden Gewebe habe ich keine Parasiten wahrnehmen können; auch nach etwaigen Plasmodien ist vergeblich gesucht worden.

Es scheint einfach eine Stauung des plastischen Materials die erste Veranlassung zur Maserbildung zu sein. Anstatt daß die in der oberirdischen Achse erarbeitete, organische Substanz ungehindert zu den Enden des Wurzelkörpers gelangt und den neuen Jahresring der Wurzeln ausbildet, findet sie in einzelnen Fällen eine Verzögerung. Dieselbe besteht darin, daß der Wurzelkörper stellenweis verletzt oder knieförmig gekrümmt ist. An solchen Orten führt die Anhäufung von Baumaterial zu gesteigerten Neubildungen, die sich bei abgerissenen Wurzelästen in sehr reicher Callusproduktion an den Wundflächen äußern und bei den seitlich verletzten oder nur knieartig verbogenen Wurzeln in erhöhter, meist einseitiger Ausbildung von Holz- und Rindengewebe bestehen. Je jünger eine Wurzel ist, welche eine knieartige Verbiegung erfährt, desto leichter dürften die durch die Biegung hervorgerufenen Spannungsdifferenzen in einer Erweiterung einzelner Markstrahlen zu jenen oben geschilderten Parenchymkeilen zum Ausdruck kommen und eine Adventivknospenbildung einleiten. Da, wo solche parenchymatischen Keile nicht gebildet werden, können im übermäßig entwickelten Rindenkörper um einzelne Rindenzellgruppen neue Meristemlagen entstehen, welche einen maserig gebauten Holzkörper erzeugen oder alsbald zu Knospenstämmen sich vermehren, deren Aeste endlich als Adventivknospen aus der Wurzel hervorbrechen. Die alljährliche Wiederholung einzelner der hier erwähnten Vorgänge veranlaßt die Kropfmaserbildung, welche wir als Wurzelkropf bezeichnet haben.

Daß thatsächlich in der Rinde, ganz isolirt von dem normalen Holzcylinder, sich neue Wachsthumsheerde, die knollige Holzkörper erzeugen, entstehen können, ist von mir mehrfach sowohl bei Laubhölzern (und zwar speziell auch bei Aepfeln) als auch bei Nadelhölzern an den oberirdischen Achsen beobachtet worden.

Daß ferner an den Wurzeln der Aepfel und Birnen leicht Adventivknospen entstehen können, lehrt der einfache Versuch, indem man stärkere, 2- bis 4 jährige Wurzeln zerschneidet und die Stücke in den Boden bringt. Aus einer Anzahl dieser Stücke wird man beblätterte Triebe hervorgehen sehen. Aber auch an nicht zerschnittenen, sondern an der Pflanze verbliebenen, flach streichenden Wurzelästen lassen sich, wenn auch seltener, adventive Sprosse beobachten.

Mir erscheint daher die Bildung des Wurzelkropfes nicht auffallender, wie jede andere Maserbildung an den oberirdischen Achsen der Waldbäume. Befremdlich wird nur für den ersten Augenblick die Häufigkeit, in welcher in manchen Baumschulen an den Wildlingen diese Erscheinung sich einstellt. Das vielfache, gleichzeitige Auftreten schien mir durchaus für eine parasitische Ursache

zu sprechen; indeß habe ich, wie gesagt, einen bei allen Kropfgeschwülsten vorhandenen, thierischen oder pflanzlichen Schmarotzer nicht auffinden können.

Die Untersuchung größerer Partien von Wildlingen aus Baumschulen, in denen der Wurzelkropf vielfach bemerkt worden war, führte mich, wie ich glaube, zur richtigen Erklärung des in neuester Zeit in sehr verschiedenen Gegenden beklagten, häufigen Auftretens der Krankheit. Die gesunden sowohl als die kranken Exemplare lassen an ihrem, auf gute Ernährung deutenden Wurzelapparate vielfach am oberen Theile der Wurzeläste scharfe Aufwärtsbiegungen, Drehungen und Stauchungen erkennen, die bisweilen zur Verwachsung der aneinandergepreßten Wurzeläste führen. In andern Fällen bemerkt man die früheren Wurzeläste sehr kurz zurückgeschnitten und aus der Nähe der Schnittflächen zahlreiche Seitenwurzeln büschelig hervorgetreten. Da die jungen Pflanzen durch ihren Wurzelapparat durchschnittlich den Eindruck guter Ernährung machen, so ist zu schließen, daß grade die gute Ernährung günstig für die Bildung des Wurzelkropfes ist. Die störende Veranlassung kann nun entweder in dem zu kurzen Schnitt, den die Wildlinge bei ihrem vorhergegangenen Verpflanzen erlitten haben, liegen, oder aber in den Verbiegungen zu suchen sein, welche die starken Wurzeläste in der Nähe des Wurzelhalses zeigen. Woher kommen nun diese Verbiegungen? Wenn man die Manipulationen der Arbeiter bei dem Verpflanzen der Wildlinge in den Baumschulen beobachtet, so findet man sehr leicht eine Erklärung darin, daß häufig die Gräben oder Löcher zu flach sind, um die Wurzeln in der senkrecht abwärts gehenden Richtung, die sie vor dem Verpflanzen angenommen hatten, an dem neuen Standort belassen zu können. Die Pflanze wird einfach in den Boden hinein gedrückt, damit die Stammbasis in die gewünschte Tiefe kommt und die Wurzeläste werden dabei gestaucht, gespreizt und mannigfach verbogen. Wenn dabei diese Aeste nur in eine horizontale Lage gedrückt oder im größeren Bogen gekrümmt werden, so hat die flache Pflanzweise keine bedenklichen Folgen. Die leichte Stauung des abwärts strebenden Baumaterials, welche durch die Lagenveränderung oder die Krümmung der Wurzel hervorgerufen wird, dürfte sogar für eine schnellere Bildung neuer Seitenwurzeln günstig sein. Wenn aber die Pflanze derart in die Erde gedrückt wird, daß die Wurzeln sehr kurze, knieartig scharfe Biegungen ausführen müssen, wobei innere Verletzungen gewiß ebenso leicht zustande kommen werden, wie dies bei Biegung oberirdischer Aeste stattfindet, dann ist die Störung eine so große, daß eine abnorme Anhäufung plastischer Baustoffe und die Einleitung zur Maserbildung sehr leicht eintreten können.

Grade unser verbessertes Kulturverfahren mit seiner intensiven Bodenbearbeitung und Düngung und mit seiner Methode der Anzucht von Wildlingen aus dem Samen schnellwüchsiger Wirthschaftsobstsorten wird hierbei begünstigend wirken, weil es Pflanzen liefert, die kräftiger und schneller pro-

duziren, also bei einer Störung auch viel mehr und in kürzerer Zeit Baumaterial zu abnormen Neubildungen heranbringen können.

Es dürfte deshalb der Versuch zu machen sein, durch längeren Wurzelschnitt und vorsichtigeres Verpflanzen der Wurzelkropfbildung vorzubeugen.

Wurzelknollen.

Anhangsweise sei hier der verschiedenartigen Wurzelknollenbildungen gedacht, welche sich an die bereits oben erwähnten, zapfenartigen Vorsprünge von Taxodium einstweilen insofern anreihen lassen, als sie alle das gemeinsame Merkmal besitzen, in ihrem Gewebe Mycelfäden zu enthalten.

Es ist damit nicht gesagt, daß in allen Fällen die Pilzbildungen die Ursache der knolligen Gewebewucherungen darstellen. Bei Taxodium constatirte Frank das Vorkommen von Mycelfäden in der Rinde; indeß ist es grade hier nicht wahrscheinlich, daß der Pilz die bisweilen mehrere Dezimeter hohen Auswüchse verursacht. Die Auswüchse erscheinen hervorgebracht durch übermäßige einseitige (oberseitige) Ausbildung der Jahresholzlagen an solchen Stellen, an denen die Wurzel ein Knie macht. In einigen Fällen jedoch darf ein Pilz als Ursache von Wurzelanschwellungen sicher angenommen werden. In Folge dessen sind solche Wurzelanschwellungen als Pilzgallen (Mycocecidien) angesprochen worden. Ich möchte indeß den Ausdruck nicht annehmen und prinzipiell alle durch Pilze verursachten Gewebewucherungen von den Gallen ausgeschlossen wissen. Der Grund für diesen Wunsch ist der Umstand, daß der Begriff der Galle zu sehr verwischt wird; denn bekanntlich sind Wucherungen durch Pilzeinwirkungen in allen Abstufungen der Gestalt von der Bildung selbständiger, dem Muttergliede unähnlicher Gewebekörper bis zur einfachen, kaum merklichen Anschwellung des Pflanzentheils zu finden. Soll man nun jede auf Zellstreckung und vielleicht auf wenige erhöhte Zelltheilungsvorgänge basirte Blattanschwellung schon eine Galle nennen? Dann müßte man consequenter Weise auch die durch Wasserüberschuß u. dgl. Ursachen bewirkten Wucherungen ebenfalls als Gallen ansprechen. Ich bin daher der Meinung, daß nur die durch Thiere veranlaßten Gewebewucherungen als Gallen zu bezeichnen sind.

Ueberall verbreitet sind die Wurzelknollen der Papilionaceen. Wenn wir Kleepflanzen, Luzerne, Bohnen, Puffbohnen u. s. w. ausgraben, finden wir fast regelmäßig Knöllchen an den Wurzeln. Ihre Form ist bei derselben Art immer dieselbe; aber schon bei nahestehenden Arten wechselt die Gestalt bisweilen beträchtlich. Bei manchen Pflanzen sind die Auswüchse einfach kugelig, bei andern eiförmig oder verlängert oder keulenförmig mit verschmälertem Grunde und selbst mehrfach verzweigt, wie z. B. bei Lupinus oder wie die umstehende Fig. 42 von Robinia Pseud-Acacia zeigt. Bei sämmtlichen Arten treten die Knöllchen nur an den Wurzeln, nie an den unterirdischen Stengeltheilen auf und besitzen auch die Farbe der Wurzeln. Bei kräftiger Laub-

entwicklung und an feuchten Standorten scheint die Zahl dieser Gebilde sich zu vermehren.

Trotz der zahlreichen Beobachter, welche sich schon mit dem Gegenstande beschäftigt haben [1]), ist die Ursache zu diesen Bildungen nicht mit Sicherheit bekannt; mindestens ist es bisher noch Niemand gelungen, künstlich die Knollen zu erzeugen. Aus dem Umstande, daß hier Pilzbildungen ausnahmslos in



Fig. 42.

den lebendigen und fortpflanzungsfähigen Geweben der Knöllchen anzutreffen sind, ist der Schluß zulässig, daß diese Pilze die Wurzelknöllchen veranlassen. Malpighi hielt die Gebilde für Gallen, P. Decandolle sah in ihnen krankhafte Auswüchse, Clos erklärte sie für Lenticellenwucherungen und Treviranus

---

[1]) Vorzugsweise zu nennen sind:

Woronin in Mem. Acad. imp. de scienc. d. St. Pertersbourg, X, 1866.

J. Eriksson: Studier ofver Leguminosernas rotknölar. Lund. 1874. Dissert. cit. in Bot. Zeit. 1874, S. 381.

Kny in Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg v. 28. April 1878 u. v. 27. Juni 1879, wobei auch Bemerkungen von Magnus.

B. Frank: Ueber die Parasiten in den Wurzelanschwellungen der Papilionaceen. Bot. Zeit. 1879, S. 377 ff. und Krankheiten der Pflanzen, S. 648.

Kny: Zu dem Aufsatze des Herrn Prof. B. Frank: „Ueber die Parasiten &c.“ Bot. Zeit. 1879, S. 537.

für unentwickelte Knospengebilde.[1]) Die im anatomischen Bau untereinander übereinstimmenden Anschwellungen hat Ericsson bei Faba vulgaris genauer beschrieben. In den ersten Anfängen sind die Anschwellungen äußerlich wenig von hervorbrechenden Nebenwurzeln zu unterscheiden; aber unter dem Mikroskope erkennt man, daß die Knollen durch Zellvermehrung in der Innenrinde der Wurzeln entstehen, während die Nebenwurzeln aus dem Pericambium ihren Anfang nehmen. Diese Knollen bilden sich sowohl vor den Gefäßsträngen, als auch vor den Bastbündeln und ebenso zwischen den Bündeln; sie finden sich nie in den jüngsten Parthien der Wurzeln. In den Anfangsstadien der Knollenentwicklung erscheinen die innersten Rindenzellen reichlich mit Protoplasma erfüllt und in lebhafter, ordnungsloser Theilung, an welcher erst später sich auch das Pericambium betheiligt. Zwischen dieser so entstandenen Gewebemasse und der Epidermis fand E. immer Pilzfäden, welche in radialer Richtung von außen nach innen verlaufen, wobei sie die Zellwände durchbohren. In der jungen Knollenanlage sind die Pilzhyphen viel feiner, sehr verzweigt und hier und da mit kleinen Anschwellungen versehen. Für die Ansicht, daß diese Pilzelemente die Bildung der Knöllchen hervorrufen, spricht der Umstand, daß sie an keiner andern Stelle der Wurzel gefunden werden und daß die der Epidermis zunächst liegenden Pilzfäden am dicksten erscheinen, woraus zu folgern ist, daß sie von außen in die Wurzeln eingedrungen sind. In der Peripherie des Knöllchens ist eine Art von Cambiumring bemerkbar, welcher nach außen große, dickwandige Rindenzellen (Woronin's „äußeres Parenchym"), nach innen ein kleinzelligeres Gewebe hervorbringt, das sich in eine centrale (basilare) schmutzig röthliche und eine „terminale" Parthie differenzirt, welche der fortwachsenden Wurzelspitze entspricht. Von diesem terminalen Meristemscheitel differenzirt sich, wie bei den normalen Wurzeln, das Gewebe in die vorerwähnte Rinden- und Markzone, zwischen denen in der cambialen Schicht eine große Anzahl von kreisförmig gestellten Fibrovasalsträngen entstehen. Wenn das Knöllchen vor einem Gefäßstrange liegt, laufen seine Fibrovasalstränge am Grunde in einem Punkt zusammen; steht es vor einem Bastbündel, so legen sich die Fibrovasalstränge des Knöllchens an die beiden benachbarten Stränge der Mutterwurzel. Eine Wurzelhaube ist nicht bemerkbar; es entspricht das aus dem Meristemscheitel hervorgehende Rindenparenchym, welches sich über den Scheitel zieht, der Wurzelhaube; später erlischt die Fortbildungsfähigkeit der terminalen Parthie.

In dem terminalen Innengewebe erweisen sich die Zellen von kleinen Pilzhyphen erfüllt, welche, wenig dicker als die Zellwände, hier und da sich knotig erweitern. Ob diese Erweiterungen in genetischem Zusammenhange mit den in den größeren Zellen des basilaren Gewebes vorkommenden, bacterien-

[1]) Bot. Zeit. 1853, S. 395.

ähnlichen Organismen stehen, konnte Ericksson nicht feststellen. In den größeren, rückwärts gelegenen Zellen sieht man nämlich zunächst keine Hyphen mehr, sondern dieselben sind verdeckt von kleinen, bei dem Heraustreten sich oft mehrere Tage hindurch lebhaft bewegenden Körperchen, die theils oval, stabförmig, ungetheilt, theils gabelig verzweigt erscheinen. Frank erklärt sie für einzelne, durch Sprossung entstandene, bei den verschiedenen Arten etwas abweichend gestaltete Glieder der Pilzfäden, die sparsam auch schon in den meristematischen Zellen neben den ganzen Pilzfäden vorkommen, an Masse aber zunehmen, je mehr man von der Meristemzone in das Innenparenchym geht.

Ueber den Charakter des Pilzes ist bei der unvollkommenen Kenntniß seiner Vermehrungsorgane ein Urtheil nicht möglich. Nach der Aehnlichkeit der Entwicklung mit einem in den Erlenknöllchen vorkommenden Organismus heißt der Pilz Schinzia Leguminosarum. Es ist von Kny angegeben, von Schwendener bestätigt worden, daß in den jungen Zellen der Knöllchen membranlose Plasmastränge parasitärer Natur die Zellen durchziehen. Wenn diese Stränge nicht, wie Frank vermuthet, sehr zarte Schinziafäden sind, an denen man die Membran vom Inhalt noch nicht unterscheiden kann, so würden diese Plasmafäden auf einen Myxomyceten deuten, während man nach den an den Wurzelknöllchen von Juncus gemachten Entdeckungen von Weber[1]) in der Schinzia eher einen Brandpilz vermuthen dürfte, der, von allgemeinster Verbreitung, fast alle Individuen der empfänglichen Schmetterlingsblüthler befällt. Nach den Frank'schen Versuchen sind nur besondere Vorsichtsmaßregeln im Stande, die Pflanzen vor den Angriffen des Pilzes zu schützen; nur bei Verwendung ausgeglühter Erde und hinlänglich gekochter Mistlösung konnten die Pflänzchen knöllchenfrei erzogen werden; auch bei Wasserkulturen gelingt es ziemlich häufig, Individuen ohne Knollenbildung an den Wurzeln zu züchten; ausnahmslos ist dies aber nicht der Fall. Indeß sind hier die Bemühungen zur Verhütung der Knollenbildung von keiner weiteren Bedeutung, da eine Schädigung des Wachsthums durch die Knollenentwicklung an den Wurzeln noch nicht hat constatirt werden können, wenn man nicht den durch die Knöllchenbildung veranlaßten Substanzverlust in Anschlag bringen will. Derselbe ist allerdings nach den Untersuchungen von Troschke[2]) darum beachtenswerth, weil die Knöllchen einen viel höheren Gehalt an Fett, Eiweiß und stickstoffhaltigen Bestandtheilen gegenüber den Wurzeln besitzen. Es ergab die Analyse bei

	Wurzelanschwellungen	normalem Wurzelkörper
Wassergehalt der Frischsubstanz	86,95 %	76,81 %
pro 100 Theile Trockensubstanz:		
Reinasche	7,51	4,07
Rohfett	5,33	1,31
Rohfaser	9,43	52,95
(Gesammtstickstoff	7,25	1,13)
Rohprotein	45,31	7,06
(Eiweiß	31,59	5,02)
Stickstofffreie Extractivstoffe	32,42	34,61
	100,00	100,00

[1]) C. Weber: Ueber den Pilz der Wurzelanschwellungen von Juncus bufonius. Bot. Zeit. 1884, S. 369.

[2]) Troschke: Ueber die Kultur der Lupine in wässeriger Nährlösung und über die Zusammensetzung der Wurzelanschwellungen der Lupine. Mittheilungen aus der Versuchsstation Regenwalde, cit. Biedermann's Centralbl. 1884, Decemberheft S. 850.

In 100 Theilen Reinasche:		
Kali	16,90	12,80
Kalk	10,03	11,23
Magnesia	10,82	11,61
Phosphorsäure	16,19	8,84
Schwefelsäure	11,74	24,27

Ich halte die Knöllchen für nicht schädliche, auf Pilzsymbiose beruhende Bildungen, durch welche die Leguminosen den Boden an Stickstoff bereichern.

Ebenso bekannt erweisen sich die durch ihre Größe sehr in die Augen fallenden Wurzelanschwellungen der Erle, welche sich sowohl an Alnus glutinosa als auch bei A. incana und zwar besonders an den in der Nähe von Wasser stehenden Bäumen vorfinden. Dieselben stellen kugelige, oft Faustgröße erreichende Besen aus dichtgedrängten, traubig stehenden, mehrfach verzweigten, kurzen, wurzelartigen Aesten dar. Diese Traubenkörper, welche Th. Hartig[1]) als unterirdischen Maserwuchs bezeichnet, entstehen an den dünnen Wurzeln in Form kleiner Wärzchen, die sich bei ihrer Streckung durch meist dichotome Verzweigung ihrer Spitzen zu immer dichteren Nestern gestalten.

Im Bau gleichen die einzelnen Zweige eines solchen Besens den normalen Nebenwurzeln; nur ist die Innenrinde bei den Ersteren ungleich stärker entwickelt, das Gewebe des die Mitte durchziehenden Fibrovasalstranges dagegen weniger verholzt, wodurch sie ein gedrungeneres, fleischigeres Ansehn bekommen. Die Spitze, welche durch die regelmäßige Anordnung der Periblemzellen über der das Gefäßbündel schließenden Pleromgruppe wieder an die normale, meristematische Wurzelspitze erinnert, ist von derselben dadurch unterschieden, daß sich über den Scheitel eine Korklage hinzieht.

In vielen Zellen der weitlumigen Innenrinde nun findet sich der von Woronin entdeckte Schmarotzer, die Schinzia Alni, in Gestalt traubig aneinanderhängender, farbloser Bläschen, die sich als blasige Ausweitungen feiner, knaulartig verwirrter Mycelfäden herausstellen, welche ebenfalls, wie bei Schinzia Leguminosarum, schon im Meristem des Scheitels vorkommen und die Zellwände durchbohren. Wahrscheinlich ist Kny's Meinung die richtige, daß diese von den Fäden nicht getrennte Anhäufung von blasigen Ausstülpungen einen Saugapparat (Haustorium) des Pilzes darstellen. Neben diesem durch Fadenbildung kenntlichen, parasitären Organismus ist in allerneuester Zeit ein stetig vorkommender Schleimpilz, Plasmodiophora Alni Möll. von H. Möller[2]) entdeckt worden. Obgleich Impfversuche noch nicht existiren, ist doch mit großer Wahrscheinlichkeit anzunehmen, daß diese Plasmodiophora die Hauptursache der Wurzelanschwellungen der Erle darstellt und daß deshalb letztere Gebilde in die Nähe der „Hernie der Kohlpflanzen“ als Wucherungen zu bringen sind, welche durch Schleimpilze veranlaßt werden. Mit dem Alter schwindet das weitzellige Innenparenchym, so daß in der entstehenden Höhlung nur noch der Fibrovasalstrang übrig bleibt.

---

[1]) Th. Hartig: Vollständige Naturgeschichte der forstlichen Kulturpflanzen, 1852, S. 365.

[2]) H. Möller: Plasmodiophora alni. Berichte d. deutschen bot. Gesellsch. Berlin, 1885, Heft 3, S. 102.

M. Woronin: Bemerkungen zu dem Aufsatze Herrn H. Möller's über Plasmodiophora alni. Berichte d. deutsch. bot. Ges. 1885, Heft 4, S. 177.

Aehnlichen Ursprungs vielleicht sind die in nebenstehender Figur 43 abgebildeten knolligen Wurzelverdickungen von Betula alba, die ich im Mai 1880 zu beobachten Gelegenheit hatte; die Anschwellungen waren sicherlich vorjährig und schon hohl, so daß eine eingehendere Untersuchung nicht möglich war.

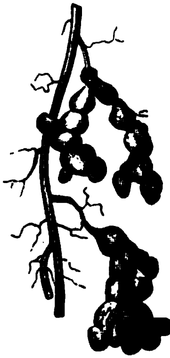


Fig 43.

Die Gattung Schinzia wurde von Naegeli[1]) auf einen Pilz gegründet, der die Zellen der Wurzelrinde verschiedener Iris-Arten durchbohrt und an seinen Enden blasige Anschwellungen in den Zellen bildet. Die Art wurde als Sch. cellulicola Naeg. eingeführt; sie weicht wesentlich von den vorgenannten Schmarotzern ab, so daß Magnus[2]) überhaupt die Heranziehung derselben in die Gattung Schinzia nicht für gerechtfertigt hält. Dagegen stimmt mit der Naegeli'schen Art ein anderer Pilz derart überein, daß die spezifische Verschiedenheit beider Arten von Magnus sogar als zweifelhaft angesehen wird; dieser Schmarotzer kommt in den Wurzeln von Cyperus flavescens L. und Juncus bufonius L. vor und führt den Namen Schinzia cypericola Magn. In neuester Zeit ist derselbe von Weber[3]) genauer studirt und als Brandpilz (Entorrhiza cypericola Magn.) erkannt worden. Die Knollen, welche er erzeugt, befinden sich an den Enden der Wurzeln; sie sind anfangs weißlich, später schwarzbraun, erreichen an kräftigen Pflanzen bis 1 cm Länge bei etwa 3 mm Dicke. Die Verdickung beruht wiederum auf besonderer Ausbildung der Innenrinde, deren stark vergrößerte Zellen quergestreckt erscheinen und allein vom Pilz bewohnt sind.

Nach Warming[4]) finden sich an den jüngeren, dünneren Wurzeln der Hippophaë, sowie auf denen von Elaeagnus und Shepherdia ähnliche Wurzelbesen mit dichotomer Verzweigung, wie bei der Erle. In den Rindenzellen der Verzweigungen finden sich Gebilde, welche W. geneigt ist, als einen parasitären Myxomyceten anzusehen; viele dieser hypertrophirten Zellen erscheinen angefüllt mit feinkörnigem Protoplasma, das in andern Zellen schon zu zahllosen, kugeligen, sporenartigen Körpern zerfallen ist. Es erinnert dieser Befund wieder an die von Kny constatirte Anwesenheit eines Plasmodiums in den Anschwellungen von Cicer arietinum L.[5]) und an die von Gravis[6]) und Möller[7]) gemachte Beobachtung eines ebensolchen Gebildes in den Wurzelanschwellungen der Erle.

Hexenbesen.

An die Kropfmaser schließen sich zunächst diejenigen krankhaften Bildungen an, in denen die in ungewöhnlicher Anzahl angelegten Knospen sich zu wirklichen Zweigen ausbilden. Der auf diese Weise veränderte Pflanzentheil stellt sich als dichter Strauch in der sonst leicht verzweigten Krone dar und bildet

1) Linnaea 1842, S. 278.
2) Sitzungsberichte des bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XXI, 27. Juni 1879.
3) Bot. Zeit. 1884, S. 369.
4) Bot. Jahresbericht 1876, S. 439.
5) Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb., 26. April 1876.
6) Nach Revue mycologique, II, 1880, S. 69, cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 354.
7) a. a. O. (Berichte der deutschen bot. Ges.).

die Erscheinung, die der Volksmund als Weichselzopf, Donner- oder Hexenbesen, Kollerbusch ꝛc. bezeichnet. Diese Weichselzopfbildung (plica) findet sich bei Nadelhölzern häufiger, als bei Laubhölzern; von Letzteren beobachtete sie Linné an Birken und Hainbuchen, Schacht[1]) an Akazie und Birke, Moquin-Tandon[2]) sah sie an Ulmen und Papiermaulbeerbäumen und erwähnt andere Beobachter, welche sie an Zwetschen, Schlehen und einigen krautartigen Pflanzen gefunden. Göppert[3]) und Meyen[4]) bemerkten solche überreiche Zweigbildung an Weiden, Master[5]) fand sie an Aepfeln, Hornbaum und Weißdorn. Bei den Nadelhölzern sind sie auf Tanne, Fichte und Kiefer vielfach beobachtet worden und zwar in der Regel mehr auf Seitenzweigen, als an Gipfeltrieben.

Ebenso wie bei der Maserbildung kann die Besenbildung auf sehr verschiedenen Ursachen beruhen. Eine spätere Systematik der Krankheiten wird demgemäß die einzelnen Fälle in sehr verschiedenen Abschnitten zu behandeln haben. Bei der jetzigen Unkenntniß der nächsten Veranlassung dieser Mißbildungen bleiben sie vorläufig durch ihre äußere Erscheinung zu einem Ganzen vereinigt.

Mit Sicherheit sind erst wenige Fälle auf ihre Ursachen zurückgeführt worden. Der ältest bekannte ist der Hexenbesen der Tannen, von welchem de Bary nachgewiesen, daß derselbe durch die Vegetation eines Rostpilzes (Aecidium elatinum) der im Innern des Stammes vegetirt, hervorgerufen wird. Auch die Schlauchpilzgattung Exoascus ist bei Kirschen (E. Wiesneri) und Pflaumen (E. deformans), sowie bei der Hainbuche (E. Carpini) im Stande, Hexenbesen zu erzeugen. Bei der Birke glaubt Ormerod[6]) nachgewiesen zu haben, daß der Hexenbesen durch die Knospenverletzungen einer Milbenart (Phytoptus) hervorgebracht wird. Die von den Milben im Winter bewohnten Knospen lassen im Frühjahr kurze, verdickte Zweige entstehen, welche mit kleinen, runden, wieder zu kurzen Zweigen auswachsenden Knospen besetzt sind. Bei der Kiefer fand H. Hoffmann zwei Fadenpilzformen (Cladosporium penicilliodes und entoxylinum) und hält dieselben für die Ursache des Kiefernbesens.

Den Donnerbesen der Fichte ist Czech[7]) geneigt, den Gallläusen (Chermes abietis) zuzuschreiben. Moquin-Tandon erwähnt einer Ulme im botanischen Garten zu Toulouse, welche unterhalb der Veredlungsstelle mehr als tausend

[1]) Der Baum, S. 118.
[2]) Pflanzen-Teratologie, übers. von Schauer 1842, S. 380.
[3]) Uebersicht der Arbeiten d. Schles. Gesellsch. 1840, S. 104.
[4]) a. a. O., S. 64.
[5]) Vegetable Teratology 1869, S. 347.
[6]) Witch knot of the Birch. (Gardener's Chronicle 1877, I, S. 249.)
[7]) Verhandl. des Schles. Forstvereins 1857, S. 118, cit. in Ratzeburg's Waldverderbniß, II, S. 42.

in einander verschlungene Zweige hervorbrachte. Hier scheint eine Störung durch die Veredlung hervorgebracht worden zu sein. Estraicher[1]) sah besonders nach Ueberschwemmungen dergleichen Mißbildungen hervorgehen. Bei krautartigen Pflanzen findet man bisweilen nach Abschneiden oder Zertreten der Hauptachse eine große Menge kleiner, schwachblätteriger Laubtriebe entwickelt.

Das Uebereinstimmende in den verschiedenen Ursachen dürfte ein zuerst in der Hauptachse bemerklicher, später auf die Seitenachsen übergehender, sich in gewissen Zeiträumen wiederholender Reiz sein, der eine lokale Materialanhäufung bedingt, die sich (Tanne und Kirsche) in Anschwellung und Gewebelockerung äußert. Als Folgeerscheinung tritt Vermehrung und Prolepsis der Knospen ein, welche zu kurzen, mit leicht erlöschendem Spitzenwachsthum versehenen Zweigen sich strecken, bei denen sich die vorzeitige Knospenentwicklung wiederholt (Zweigsucht, Polycladie). Bei den durch Pilze erzeugten Hexenbesen ist ein solcher Reiz ganz sicher anzunehmen.

Durch den lockeren Bau und die größere Hinfälligkeit unterscheiden sich auch die eigentlichen Hexenbesen von ganz ähnlichen, nestartigen Zweiganhäufungen, wie solche nach öfterem Verbeißen durch Thiere oder wiederholten Schnitt bei Heckenpflanzen entstehen können. In letzteren Fällen sieht man häufig gesunde gestreckte Zweige oder einzelne neue Gipfeltriebe sich aus den Zweignestern herausarbeiten, was bei den eigentlichen Hexenbesen nicht vorzukommen scheint.

Tiefes Ausschneiden der Stellen mit derartigem, krankhaftem Knospendrange wird in den meisten Fällen helfen.

Eine besondere Art von Knospendrang ist durch außergewöhnliche Vermehrung von Blüthenknospen repräsentirt. So sind z. B. die Erscheinungen nicht selten, daß Nadelhölzer ganz außergewöhnlich große Mengen von Zapfen dicht gedrängt an einzelnen Aesten entwickeln. In zwei von Master citirten Fällen, welche von Jäger[2]) beobachtet worden sind, besaß ein Kiefernast 70 und der andere 59 Zapfen, welche in derselben spiraligen Anordnung an der Achse wie die Nadelbüschel standen und von denselben auch im oberen Achsentheil ersetzt wurden. Reichardt, der einen Kiefernast mit 227 Zapfen sah, schreibt die Erscheinung einem Rostpilze (Peridermium Pini) zu.[3]) Ferner erwähnt Master der von Milde und Duval-Jouve beobachteten Fälle einer Vermehrung der Blüthenähren bei Equisetaceen; diese werden oft durch Verletzungen hervorgerufen.

Durch Ausbildung sämmtlicher Blüthen zu Früchten bei 4 gedrängt an einem Fruchtzweige stehenden Blumendolden sah ich 23 ausgebildete Birnen zu einem Büschel vereinigt. Abnorm war hier die Fruchtbildung sämmtlicher Blumen,

---

[1]) Cit. von Schauer in Moquin-Tandon's Teratologie, S. 381.

[2]) Jäger: de Pini silvestris monstrositate. Stuttgart 1828.

[3]) Bull. soc. bot. Franc. XIV, S. 265, cit. in Master's „Vegetable Teratology“, S. 350.

da gewöhnlich von jeder Blüthentraube nur 1—2 Früchte zur vollkommenen Entwicklung gelangen.

Die Bildung von gehäuften Adventivknospen in Folge von Verletzungen kommt bisweilen bei Blattstecklingen vor. Bei Zwiebelgewächsen entstehen oft Haufen junger Zwiebelchen an Schuppenstücken. Bei üppigen Pelargonien beobachtete ich mehrfach an der Stammbasis dicht gedrängte Haufen von Adventivknospen, die fleischige Polster darstellen, sich aber in der Regel nicht weiter entwickeln. Bei einem in Wasserkultur gezogenen Exemplare von Juglans nigra zeigte sich unter der Einkittungsstelle der Pflanze im zweiten Jahre in der Nähe der ehemaligen Ansatzstelle der Cotyledonen eine Neubildung gehäufter, zu 3—8 mm Länge ausgewachsener Zweige mit je 2 schuppenartigen Blattansätzen, die eine dem Hexenbesen analoge Bildung darstellten.

Cap. VI. Gallen.

Nicht ohne Berechtigung dürfte man von einem Handbuche der Pflanzenkrankheiten eine vollständige Aufzählung der Beschädigungen des Pflanzenleibes durch Thiere verlangen. Zwei Gründe bewegen uns, eine Einschränkung dieser Forderung eintreten zu lassen. Erstens hat die zur Bewältigung des Materials nothwendige wissenschaftliche Arbeitstheilung einer besondern Disciplin, der Zoologie, die Behandlung des Gegenstandes näher gelegt und spezielle Werke über die der Pflanzenwelt schädlichen Thiere hervorgerufen. Zweitens erstrecken sich die meisten Beschädigungen auf mehr oder weniger vollkommenen Verlust an Vegetationsorganen, die zu Futterzwecken verbraucht werden. Diese einfachen Substanzverluste fallen für den Pathologen aber unter einen und denselben Gesichtspunkt, nämlich den der Verwundung, und die Verschiedenheit liegt nur in den nach den abweichenden Fraßweisen der Thiere mehr oder weniger complicirt auftretenden Wundheilungsvorgängen, welche früher bereits ausführlich behandelt worden sind.

Wir werden deshalb von diesen Fraßbeschädigungen im Folgenden nur dann hier und da ein Beispiel bringen, wenn nicht blos Wundheilungsvorgänge, sondern weiteres Siechthum die Folge sind.

Das Hauptaugenmerk haben wir auf diejenigen Verwundungen zu richten, gegen welche der Pflanzenkörper activ durch Neubildungen in Folge eines Reizes reagirt. Wir nennen eine solche, meist schnell entstehende, durch den Reiz der Thierbeschädigung hervorgerufene, in ihrer Gestalt vom normalen Muttertheil abweichende Gewebewucherung noch wachsender Pflanzentheile eine Galle (Cecidium), und die Thiere, durch welche die Gallenbildung entsteht und denen sie

entweder als Brutstätte für die Eier, oder auch als zeitweilige Lagerstätte dient, bezeichnet man als Cecidozoen.

In manchen Fällen weichen die Elemente, welche die durch Thiere hervorgerufenen Wucherungen zusammensetzen, nicht wesentlich in Gestalt und Anordnung von denen ab, die den Pflanzentheil aufbauen, an dem die Geschwulst entsteht. Unter diesen Umständen finden sich nur abnorme, gallenartige Anschwellungen der Pflanzentheile, wie z. B. die Stammverdickungen an der Zitterpappel, welche die Larven von Saperda populnea erzeugen oder verschiedene Bostrichiden an Pinus und Fraxinus hervorrufen. Ob die oft faustgroßen vom gewöhnlichen Maserbau abweichenden Wucherungen, die an Acer campestre und Corylus vorkommen, hierher zu ziehen sind, bleibt noch zu untersuchen.

Von diesen gallenartigen Anschwellungen unterscheiden sich die eigentlichen Gallen dadurch, daß sie als gesonderte, dem Pflanzentheile, dem sie angehören, in Gestalt und Bau unähnliche, selbständige Gebilde auftreten. Als Bildner derartiger Wucherungen sind in erster Linie die Gallwespen (Cynipiden) zu erwähnen, die in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle die Eiche bewohnen.[1] Aus der Hymenopterenfamilie sind es außerdem noch die Tenthrediniden (besonders das Geschlecht Nematus), welche die Weidengallen hervorbringen. Von den Coleopteren gehören zu den Gallenerzeugern hauptsächlich die kleinen Rüsselkäfer und in seltneren Fällen einige Chrysomeliden. Besonders hervorragend durch ihre Zahl sind unter den Dipteren die Gallmücken (Cecidomyien), welche für die andern Pflanzen ebensolche Feinde darstellen, wie die Cynips-Arten für die Eichen, und welche auch insofern in Wechselbeziehung zu den Letzteren stehen, als sie fast nur solche Pflanzen heimsuchen, die von den Gallwespen nicht angerührt werden. Auch die Bohrfliegen oder Trypeten sind Gallenerzeuger an krautartigen Pflanzen; nur sind ihre Produkte häufig nicht gleich erkennbar, da sie Verdickungen des Fruchtbodens und anderer Blüthentheile hervorrufen und nur bei einigen Arten die Gallenbildungen als deutliche Stengeldeformationen auftreten.

Von allgemeinster Verbreitung dagegen sind wieder die Mißbildungen, welche durch Blattläuse (Aphiden), Blattflöhe (Psylloden) und Schildläuse (Cocciden) hervorgerufen werden. Selten dagegen erzeugen die verwandten Cicaden und echten Wanzen durch ihren Stich auffallende Gewebewucherungen; eben so sparsam sind die Mißbildungen durch Schmetterlingslarven. Eine besondere Aufmerksamkeit verdienen aber wiederum die Milben und zwar die

---

[1]) Wir folgen in diesem Capitel vorzugsweise, wenn auch (wegen mancher leicht erkennbarer Fehler) nicht ausschließlich der Arbeit von F. Rudow: Die Pflanzengallen Norddeutschlands und ihre Erzeuger. Archiv d. Ver. d. Freunde der Naturgeschichte in Mecklenburg. Neubrandenburg, Brünslow 1875.

höchst interessanten, in ihren Arten aber schwer unterscheidbaren, vierbeinigen Pflanzenmilben, Phytoptus, deren Stich häufig nur Filze charakteristisch geformter Haare hervorruft. Diese Haarfilze sind früher für Pilzbildungen gehalten worden und als solche in mycologischen Werken unter den Namen Erineum, Pers. Phyllerium Fr. und Taphrina Fr. beschrieben worden.

Um die Erforschung dieser letzteren Gruppe von Gallenerzeugern hat sich besonders Thomas[1]) verdient gemacht, der auch die durch Pilze (Cecidophyten) verursachten Deformationen der Pflanzentheile, also alle durch Schmarotzer erzeugten, durch wuchernde Zellbildung charakterisirten Gebilde zu den Gallen (Cecidia) rechnet und dieselben nach ihren Erzeugern eintheilt in Myco-Cecidium, Acaro-Cecidium, Diptero-Cecidium u. s. w. Wir können dieser Anschauung nicht beitreten, da dadurch der bisher eingebürgerte Begriff der Galle zu sehr verwischt wird; denn wir sind dann gezwungen, alle durch den Reiz eines Mycels hervorgerufenen, oft ganz geringfügigen, äußerlich nicht oder kaum bemerkbaren Zellvermehrungen (z. B. bei Roestelia an den Birnen-, Apfel- und Ebereschen-Blättern, bei Aecidium Berberidis die Anschwellungen des Fruchtknotens u. s. w.) zu den Gallen zu ziehen.

Auch die Klasse der Würmer endlich liefert Gallenerzeuger in der verbreiteten Familie der mit Mund, Darm und After versehenen Rundwürmer (Nematodes) durch die auch in kryptogamen Pflanzen vorkommende alte Gattung Anguillula. Von einer Aufzählung der verschiedenen Formen der Gallen ist abzusehen, da die mannigfachsten Uebergänge von einem einfachen Haarfilze bis zu großen, fleischigen oder holzigen, mit Gefäßbündeln versehenen, soliden Gewebekörpern existiren.[2]) Daß der Gallenbau für jedes Thier charakteristisch ist und

---

[1]) Beiträge zur Kenntniß der Milbengallen und der Gallmilben. Giebel's Zeitschrift f. d. ges. Naturwissensch., Bd. 42, S. 513—537.

[2]) Aus den neueren Arbeiten*) über Systematik der Gallen entnehmen wir nur einige Literaturangaben, um den Leser auf das Material für eingehendere Studien hinzuweisen. Beyerinck führt zunächst aus dem Jahre 1674 das bedeutende Werk von Malpighi (de anatome plantarum) an, in welchem sich bereits eine Abhandlung über Gallen vorfindet. Eine allgemeinere Bearbeitung der Gallen findet sich ferner bei Réaumur in seinen „Mémoires pour servir à l'histoire des insectes", Paris 1737, Mém. XII. Die neueren Arbeiten beziehen sich bereits auf einzelne Gallengruppen. Hier ist zu nennen Lacaze Duthiers der in den Annales des scienc. nat. Botanique 1853, p. 273 in seinen „Recherches pour servir à l'histoire des Galles" anatomische Beschreibungen und Abbildungen liefert. Auf die Arbeiten von Thomas gehen wir im Folgenden spezieller ein. Die biologischen Verhältnisse der Gallenerzeuger wurden von den Entomologen Coquebert, Olivier, Frisch, de Geer, Swammerdam, Roesel, Bremi, Giraud, Perris, v. Frauenfeld, G. Mayer, Adler u. A. behandelt. Versuche einer systematischen Eintheilung der Gallen lieferten Hammer-

---

*) W. Beyerinck: Ueber Pflanzengallen. Bot. Zeit. 1877, Nr. 2 und 3.
Thomas: Eintheilung der Phytoptocecidien. Sitzungsberichte des botan. Ver. der Provinz Brandenburg XIX, Sitzung vom 25. Mai 1877.

selbst auf verschiedenen Wirthspflanzen nur wenig abweicht, ist im Allgemeinen richtig, obgleich hervorgehoben werden muß, daß auch dieselben Arten (z. B. bei Milben) auf derselben Pflanze ganz verschiedene Gallbildungen zu erzeugen im Stande sind. Es mag dies vielleicht von der Entwicklungsphase, in welcher der Gallreiz den Pflanzentheil trifft, abhängen; denn ganz jugendliche Organe werden energischer auf den Reiz reagiren, als solche, bei denen nur noch wenige Zellpartien in Vermehrung treten können. In der Mehrzahl der Fälle bleibt bei den Einzelgallen, die also nicht in Gallkolonien übergehen, auch die Größe annähernd dieselbe, vorausgesetzt, daß das bewohnende Thier nicht vor vollkommener Reife der Galle abstirbt. Unter letzteren Umständen trocknet die unfertige Galle ab. Aus diesem Stillstande in der Weiterentwicklung des Wuchergebildes bei dem Tode des Gallenerzeugers geht deutlich hervor, daß sehr häufig erst der fortgesetzte Reiz des bohrenden, saugenden oder sich wenigstens bewegenden Thieres unbedingt für die Ausbildung der Galle nöthig ist und daß eine einmalige Verletzung oder die von Einigen (Beyerinck) angenommene, etwaige Vergiftung des Pflanzengewebes durch Excretionen des Thieres im Allgemeinen nicht hinreichend für die Ausbildung der ganzen Galle ist.

Auch das in vielen Fällen vorkommende Auftreten von Schmarotzern des Gallenerzeugers übt selten Einfluß auf die Gestalt der Galle. Nach Rudow giebt es schmarotzende Gallwespen, die sich an eine Galle binden, wie dies auch Käfer thun, während andere Insekten, vorzüglich Hymenopteren, sich überall einnisten.

Sehr zahlreich sind vertreten kleine Schlupf- oder Mordwespen, wie Ichneumonen, Braconen, Pteromalinen und Verwandte, von denen man z. B. aus den bekannten Rosenschlafäpfeln (Bedeguaren) gegen 50 verschiedene Arten erzogen haben soll. Grabwespen (Crabroniden) dagegen suchen leere Gallen als Wohnstätten für ihre Jungen auf, was übrigens auch sogar von einer Laubheuschrecke (Locustine) behauptet wird.

Von diesen Schmarotzern nähren sich einige echte Cynipiden von dem

---

schmidt (Oesterreichische Zeitschrift für den Landwirth, Forstmann und Gärtner 1838), ferner: v. Frauenfeld (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. z. Wien, Math.-naturw. Cl. 1855, p. 255) und Czech („Eintheilung der Pflanzengallen" im Programm der Realschule zu Düsseldorf 1858), endlich Beyerinck, der die Hypothese aufstellt „Jede Gallenbildung ist Folge eines Flüssigkeitsergusses in die bezüglichen Pflanzenzellen" und nun die Gallen eintheilt in solche mit unbegrenztem Wachsthum und solche mit begrenztem Wachsthum. Die erste Klasse bilden diejenigen Gallen, die ihre Form eine Zeit lang dadurch ändern, daß mehrere Generationen der Erzeuger die ursprüngliche Anlage vergrößern, die übrigens stets von einem erwachsenen Individuum ausgeht. Fortpflanzung und Ernährung finden im Innern der Gallen statt. Bei Gallen mit begrenztem Wachsthum verbleiben der oder die Bewohner nur während der Nährzeit ihres Larvenzustandes in den Gallen; diese reifen schnell und sind sehr viel früher als die Larven erwachsen.

Inhalte der Gallen, wie die „Gallenerzeuger" (Pseniden, Htg.) selbst, welche dann nur verdrängt werden, so daß die Schmarotzer, welche selbst keine Gallen erzeugen können und nur als „Einlieger" oder „Inquilinen" anzusprechen sind, schließlich allein aus der Galle auskriechen; die meisten Schmarotzer aber verzehren die Larven der eigentlichen Gallenbildner selbst, sind also echte Parasiten; dies hat bei kleineren Gallen sofort die Verkrüppelung derselben zur Folge. Daß manche Gallen durch ihren Bau den Insassen vor feindlichen Verfolgungen zu sichern im Stande sind, soll weiter unten bei den Cynipiden durch einzelne Beispiele belegt werden.

a) Coleoptera (Käfer).

Gallenerzeugende Käfer finden sich nur in geringer Anzahl vor; meistens schaden dieselben durch Fraß als Larve oder auch im ausgebildeten Zustande. Der Pflanzenkörper reagirt auf diese Verletzungen oft gar nicht, was dafür spricht, daß die Organe erst im Zustande der vollständigen Ausbildung zu Dauergewebe heimgesucht werden. In vielen andern Fällen schließt sich eine Fraß- oder Bohrwunde durch nachträgliche Korkbildung ab und Gewebewucherung entsteht nur dann, wie es scheint, wenn der jugendliche Pflanzentheil einen dauernden Reiz empfängt.

Sehr wesentlich betheiligt sind die Rüsselkäfer (Curculioniden), von denen Beyerinck[1]) 13—15 Arten kennt, welche Mißbildungen an Blüthen und Früchten hervorbringen.

Als einfache Zerstörer der Organe mögen hier Erwähnung finden: Anthonomus pomorum, dessen Weibchen ein Ei in die aufbrechenden Apfelknospen legt. Die auskriechende, fußlose Larve frißt die Blüthenorgane aus; in der Höhlung der nicht weiter sich entwickelnden Knospe verpuppt sich die schwarzköpfige Larve, und im Juni tritt der nun überwinternde Rüsselkäfer auf, der im nächsten Frühjahr wieder zur Eiablage schreitet. An den Birnen haust in gleicher Weise A. piri und an den Himbeeren A. rubi. Gegen ein Ueberhandnehmen des Ungeziefers wird ein rechtzeitiges Entfernen der vertrockneten Blüthenknospen das beste Mittel sein.

In die jungen Früchte der Apfel- und Birnbäume wird von dem röthlichen Rhynchites Bacchus ein Ei hineingelegt, und die fußlose, runzelige Made verursacht dann das Abfallen der Früchte im unreifen Zustande; diese müssen aufgelesen und vernichtet werden, bevor die Made herauskriecht, um sich in der Erde zu verpuppen. Pflaumen und Kirschen werden in gleicher Weise vom Rh. cupreus beschädigt. Der schwarze Balaninus nucum verdirbt auf diese Art die Haselnüsse, B. cerasorum bohrt die jungen Kirschkerne an, B. glandium die Eicheln. Gallenerzeugende Rüsselkäfer finden wir in der Gattung Gymnetron; G. campanulae bringt gallenartige Anschwellungen an der Kapsel von Campanula Trachelium hervor, G. pilosus verursacht Stengelverdickungen und Wurzelanschwellungen an Linaria vulgaris.

Die Larven der nächstverwandten Gattung Baridius oder Baris leben in manchen unserer Küchengewächse, deren Stengel sie durchwühlen und allmählich mit feinem Bohr-

[1]) Beyerinck: Ueber Pflanzengallen. Bot. Zeit. 1877, S. 36.

selbst auf verschiedenen Wirthspflanzen nur wenig abweicht, ist im Allgemeinen richtig, obgleich hervorgehoben werden muß, daß auch dieselben Arten (z. B. bei Milben) auf derselben Pflanze ganz verschiedene Gallbildungen zu erzeugen im Stande sind. Es mag dies vielleicht von der Entwicklungsphase, in welcher der Gallreiz den Pflanzentheil trifft, abhängen; denn ganz jugendliche Organe werden energischer auf den Reiz reagiren, als solche, bei denen nur noch wenige Zellpartien in Vermehrung treten können. In der Mehrzahl der Fälle bleibt bei den Einzelgallen, die also nicht in Gallkolonien übergehen, auch die Größe annähernd dieselbe, vorausgesetzt, daß das bewohnende Thier nicht vor vollkommener Reife der Galle abstirbt. Unter letzteren Umständen trocknet die unfertige Galle ab. Aus diesem Stillstande in der Weiterentwicklung des Wuchergebildes bei dem Tode des Gallenerzeugers geht deutlich hervor, daß sehr häufig erst der fortgesetzte Reiz des bohrenden, saugenden oder sich wenigstens bewegenden Thieres unbedingt für die Ausbildung der Galle nöthig ist und daß eine einmalige Verletzung oder die von Einigen (Beyerinck) angenommene, etwaige Vergiftung des Pflanzengewebes durch Excretionen des Thieres im Allgemeinen nicht hinreichend für die Ausbildung der ganzen Galle ist.

Auch das in vielen Fällen vorkommende Auftreten von Schmarotzern des Gallenerzeugers übt selten Einfluß auf die Gestalt der Galle. Nach Rudow giebt es schmarotzende Gallwespen, die sich an eine Galle binden, wie dies auch Käfer thun, während andere Insekten, vorzüglich Hymenopteren, sich überall einnisten.

Sehr zahlreich sind vertreten kleine Schlupf- oder Mordwespen, wie Ichneumonen, Braconen, Pteromalinen und Verwandte, von denen man z. B. aus den bekannten Rosenschlafäpfeln (Bedeguaren) gegen 50 verschiedene Arten erzogen haben soll. Grabwespen (Crabroniden) dagegen suchen leere Gallen als Wohnstätten für ihre Jungen auf, was übrigens auch sogar von einer Laubheuschrecke (Locustine) behauptet wird.

Von diesen Schmarotzern nähren sich einige echte Cynipiden von dem

---

schmidt (Oesterreichische Zeitschrift für den Landwirth, Forstmann und Gärtner 1838), ferner: v. Frauenfeld (Sitzungsber. d. kais. Akad. d. Wissensch. z. Wien, Math.-naturw. Cl. 1855, p. 255) und Czech („Eintheilung der Pflanzengallen" im Programm der Realschule zu Düsseldorf 1858), endlich Beyerinck, der die Hypothese aufstellt „Jede Gallenbildung ist Folge eines Flüssigkeitsergusses in die bezüglichen Pflanzenzellen" und nun die Gallen eintheilt in solche mit unbegrenztem Wachsthum und solche mit begrenztem Wachsthum. Die erste Klasse bilden diejenigen Gallen, die ihre Form eine Zeit lang dadurch ändern, daß mehrere Generationen der Erzeuger die ursprüngliche Anlage vergrößern, die übrigens stets von einem erwachsenen Individuum ausgeht. Fortpflanzung und Ernährung finden im Innern der Gallen statt. Bei Gallen mit begrenztem Wachsthum verbleiben der oder die Bewohner nur während der Nährzeit ihres Larvenzustandes in den Gallen; diese reifen schnell und sind sehr viel früher als die Larven erwachsen.

Inhalte der Gallen, wie die „Gallenerzeuger" (Psoniden, Htg.) selbst, welche dann nur verdrängt werden, so daß die Schmarotzer, welche selbst keine Gallen erzeugen können und nur als „Einlieger" oder „Inquilinen" anzusprechen sind, schließlich allein aus der Galle auskriechen; die meisten Schmarotzer aber verzehren die Larven der eigentlichen Gallenbildner selbst, sind also echte Parasiten; dies hat bei kleineren Gallen sofort die Verkrüppelung derselben zur Folge. Daß manche Gallen durch ihren Bau den Insassen vor feindlichen Verfolgungen zu sichern im Stande sind, soll weiter unten bei den Cynipiden durch einzelne Beispiele belegt werden.

a) Coleoptera (Käfer).

Gallenerzeugende Käfer finden sich nur in geringer Anzahl vor; meistens schaden dieselben durch Fraß als Larve oder auch im ausgebildeten Zustande. Der Pflanzenkörper reagirt auf diese Verletzungen oft gar nicht, was dafür spricht, daß die Organe erst im Zustande der vollständigen Ausbildung zu Dauergewebe heimgesucht werden. In vielen andern Fällen schließt sich eine Fraß- oder Bohrwunde durch nachträgliche Korkbildung ab und Gewebewucherung entsteht nur dann, wie es scheint, wenn der jugendliche Pflanzentheil einen dauernden Reiz empfängt.

Sehr wesentlich betheiligt sind die Rüsselkäfer (Curculioniden), von denen Beyerinck[1]) 13—15 Arten kennt, welche Mißbildungen an Blüthen und Früchten hervorbringen.

Als einfache Zerstörer der Organe mögen hier Erwähnung finden: Anthonomus pomorum, dessen Weibchen ein Ei in die aufbrechenden Apfelknospen legt. Die auskriechende, fußlose Larve frißt die Blüthenorgane aus; in der Höhlung der nicht weiter sich entwickelnden Knospe verpuppt sich die schwarzköpfige Larve, und im Juni tritt der nun überwinternde Rüsselkäfer auf, der im nächsten Frühjahr wieder zur Eiablage schreitet. An den Birnen haust in gleicher Weise A. piri und an den Himbeeren A. rubi. Gegen ein Ueberhandnehmen des Ungeziefers wird ein rechtzeitiges Entfernen der vertrockneten Blüthenknospen das beste Mittel sein.

In die jungen Früchte der Apfel- und Birnbäume wird von dem röthlichen Rhynchites Bacchus ein Ei hineingelegt, und die fußlose, runzelige Made verursacht dann das Abfallen der Früchte im unreifen Zustande; diese müssen aufgelesen und vernichtet werden, bevor die Made herauskriecht, um sich in der Erde zu verpuppen. Pflaumen und Kirschen werden in gleicher Weise vom Rh. cupreus beschädigt. Der schwarze Balaninus nucum verdirbt auf diese Art die Haselnüsse, B. cerasorum bohrt die jungen Kirschkerne an, B. glandium die Eicheln. Gallenerzeugende Rüsselkäfer finden wir in der Gattung Gymnetron; G. campanulae bringt gallenartige Anschwellungen an der Kapsel von Campanula Trachelium hervor, G. pilosus verursacht Stengelverdickungen und Wurzelanschwellungen an Linaria vulgaris.

Die Larven der nächstverwandten Gattung Baridius oder Baris leben in manchen unserer Küchengewächse, deren Stengel sie durchwühlen und allmählich mit feinem Bohr-

[1]) Beyerinck: Ueber Pflanzengallen. Bot. Zeit. 1877, S. 36.

mehl füllen; sie bringen bis in die feinen Wurzelverzweigungen vor, verpuppen sich auch in den Stengeln und entwickeln sich im Spätsommer zu Käfern, welche durch ein rundes Bohrloch ihre Wohnstätte verlassen. Baris chloris, der Rapszahnmausrüßler, lebt in Stengeln von Rübsen und Raps und wahrscheinlich noch anderen Cruciferen; die oft verkrümmten und angeschwollenen Stengel werden nothreif und geben daher gehaltloseren Samen. Baris picina sucht mit Vorliebe Kopf- und Blumenkohl auf.

In neuerer Zeit vielfach genannt ist der Kohlgallenrüßler, Ceutorhynchus sulcicollis, dessen Larve an der in der Erde befindlichen Stengelbasis des Rapses und des Rübsens, namentlich aber unserer Kohlarten, große, einseitige, halbkugelige Gallen erzeugt. Das Ei wird von dem Käfer in die Rinde gebohrt, und diese schwillt in Folge dessen, namentlich aber wohl durch den Reiz der ausschlüpfenden, fußlosen Larve mächtig an und vermehrt ihr Gewebe; im Innern der Galle entsteht durch den Fraß der Larve eine immer größere Höhlung, aus der endlich das Thier herauskriecht, um sich in der Erde zu verpuppen. Sehr häufig finden sich mehrere derartige Geschwülste und zwar oft von bedeutender Ausdehnung. In Folge des Materialverbrauchs bei der Herstellung dieser Rindenwucherungen leidet die Ausbildung der oberirdischen Pflanzentheile, und dieser Mangel macht sich besonders bei den Kohlarten bemerklich, deren Köpfe schlechter schließen und kleiner bleiben. Auf diese Beobachtung gestützt, erklärte man nun eine vor wenigen Jahren erst genauer studirte, mit gänzlichem Mißwachs bisweilen endende Krankheitserscheinung der Kohlarten für eine Folge dieser Gallenbildung durch den Rüsselkäfer. Die neue, als „Kropf oder Hernie“ der Kohlpflanzen bezeichnete Krankheit unterscheidet sich aber zunächst äußerlich dadurch, daß die sehr zahlreichen Anschwellungen an dem Wurzelkörper bis hinab zu den feinen Wurzelfasern zu finden sind und daß dieselben eine oft wurst- oder tonnenförmige Gestalt besitzen und viel leichter in Fäulniß übergehen, als die Gallen des Ceutorhynchus. Die mikroskopische Untersuchung lehrte auch bald die Ursache dieser Geschwülste in dem Wachsthum eines parasitischen Pilzes (Plasmodiophora Brassicae) kennen. Ueber diese Krankheitserscheinung ist Ausführliches in dem Theile des Handbuches, der von den parasitären Krankheiten handelt, mitgetheilt. Eine Verwechselung der beiden Krankheitsfälle dürfte auch jetzt noch häufig vorkommen, da beide Arten von Geschwülsten häufig an derselben Pflanze auftreten. Die Entfernung der stehengebliebenen Strünke und das Vermeiden eines nachfolgenden Anbaues von Kohlgewächsen auf demselben Lande wird für alle Fälle anzurathen sein.

Es muß hierbei schließlich noch erwähnt werden, daß an den Wruken (Brassica Napus) auch knollige Anschwellungen von Caspary[1]) beobachtet worden sind, welche mit keiner der beiden vorerwähnten Krankheitsursachen in Zusammenhang stehen. Diese Wurzelknöllchen erzeugen vielfach Laubsprossen,

---

[1]) Caspary: Ueber erbliche Knollen- und Laubsprossenbildung an den Wurzeln von Wruken. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. XII, 1879, Heft I.

sind von ganz gesunder Beschaffenheit und gehen erst mit dem normalen Absterben der ganzen Pflanze im zweiten Jahre ein. Trennt man derartige Knöllchen von der Mutterpflanze, so können dieselben sich zu blühenden Pflanzen weiter entwickeln. Aussaatversuche bewiesen die Erblichkeit dieser Mißbildung.[1])

Verwandt mit dem vorgenannten Rüsselkäfer ist der durch seine Verwüstungen auf Kornböden gefürchtete Kornbohrer, Calandra granaria. Der in den Gebäuden überwinternde Käfer legt seine Eier an die Körner von Weizen, Roggen, Mais u. dgl. und die beinlose, weißliche Larve bohrt sich in das Korn hinein, verzehrt den Inhalt desselben und verpuppt sich dort; 8 Tage später kommt der Käfer hervor, der eine neue Generation einleitet und die Larven im Korn überwintern läßt. Nur häufiges Durcharbeiten des Getreides auf gut durchlüfteten Bodenräumen und Verstreichen der Ritzen an Balken und Dielen kann einigermaßen der Vermehrung Einhalt thun. Eine minder gefährliche Gattung der Rüsselkäfer wird durch die Samenkäfer, Bruchus, repräsentirt. Bruchus granarius und pisi sind die gewöhnlichen Arten, die in den Samen der Bohnen, Erbsen u. dgl. Hülsenfrüchte als Larven sehr häufig angetroffen werden. So lange das Würzelchen und junge Stengelchen verschont bleiben, erleidet der Samen durch den Fraßgang nur unwesentliche Benachtheiligung.

Die Gattung Apion ist in vielen Arten den Pflanzen schädlich, indem die Käferchen die jungen Triebe stark benagen und die Larve im Stengel bohrend lebt. Vielfach leiden die Malvengewächse und Ampferarten von ihnen. Apion minimum Hrbst. macht holzige einkammerige Blattstielgallen an Populus tremula. Die dicken Anschwellungen der Stämmchen und jungen Zweige desselben Baumes werden durch eine andere Käferlarve, Saperda populnea L. hervorgerufen. Erwähnt haben wir bereits die Gattung Rhynchites, deren zahlreiche Arten auf verschiedenen Laubhölzern leben. Die Käfer, welche bei jeder Annäherung sich sofort zu Boden fallen lassen und einige Zeit hindurch wie todt liegen bleiben, wickeln in der einer jeden Art eigenthümlichen Weise ein oder mehrere Blätter tutenförmig zu Brutstätten für die Eier zusammen oder bohren auch Früchte an. Die reifen Larven verlassen ihre Brutstätte, um sich in der Erde zu verpuppen. Die gewöhnlichste Art ist der stahlblaue Rebenstecher (Rhynchites betuleti F.), der auf Buchen, Zitterpappeln, kanadischen Pappeln, mehreren Weiden, Erlen, Birken, Haseln, Birnen, Quitten und Weinreben beobachtet worden ist. Durch das Befressen der jungen Blätter und durch das Anstechen der jungen Triebe, die dann welken, ist der Käfer ungemein schädlich. Kränkelnde Pflanzen werden mit Vorliebe aufgesucht, was, wie Taschenberg bemerkt, mit den Erfahrungen stimmt, welche man bei Insektenschäden überhaupt macht. — Auch der Holzbohrer (Scolytus) ist zu gedenken. Unter den neueren Gattungen, in die Scolytus zerlegt worden, ist besonders Bostrichus bekannt. Die kleinen, walzenförmigen Käferchen, die gesellig beisammen, meist unter der Rinde oder in derselben, seltener im Holze leben, verrathen ihre Gegenwart durch die kreisrunden Löcher von der Größe eines Stecknadelknopfes an der Oberfläche. Von den im Mai und den folgenden Monaten aus ihren Wohnstätten heraustretenden und umherfliegenden Käferchen bohrt das Weibchen sich in einen Baum und arbeitet einen sogenannten Muttergang aus, in welchem die Paarung erfolgt, falls dieselbe nicht schon außerhalb stattgefunden hat. Die den einzelnen Arten charakteristischen Muttergänge verlaufen entweder in der Lothlinie (Lothgänge) oder wagerecht (Wagegänge) oder sternförmig (Sterngänge). In dem allmählich sich vergrößernden Muttergange werden die Eier in gewisser Regelmäßigkeit rechts und links abgelegt, und die Larven fressen sich nach den Seiten je einen in be-

[1]) Liebscher in Bot. Jahresb. VII, I, S. 156.

stimmter Weise auftretenden Larvengang, an dessen verbreitertem Ende (Wiege) die Verpuppung erfolgt. Scolytus (Eccoptogaster) pruni lebt in der Cambialregion der Pflaumen-, Kirsch-, Apfel- und Birnbäume, der Traubenkirsche, des Weißdorns und ausnahmsweise auch der Rüster. Scol. (Eccoptog.) rugulosus wird außer bei Apfel und Quitte, Pflaumen, Kirsche und Traubenkirsche auch noch in Pfirsichstämmen gefunden. Bei Bostrichus dispar, dem ungleichen Borkenkäfer, der außer den Kernobststämmen und Koelreuteria paniculata auch noch die Eichen, Buchen, Birken, Platanen, Roßkastanien und den Ahorn bewohnt, geht das Bohrloch wagrecht in fast kreisförmigem Verlaufe in das Holz und dieser Gang sendet nach oben und unten Zweige aus, so daß die Larven keine Gänge zu graben brauchen.

Als Beispiel für die charakteristische Art der Anlage der Gänge geben wir die Abbildung der Lothgänge von dem den Fichten so äußerst verderblichen Bostrychus typographus, von Linné Buchdrucker genannt; A (Fig. 44) ist der senkrecht verlaufende Muttergang, der mehrere Luftlöcher erkennen läßt. In fiederförmiger Anordnung gehen beiderseits die

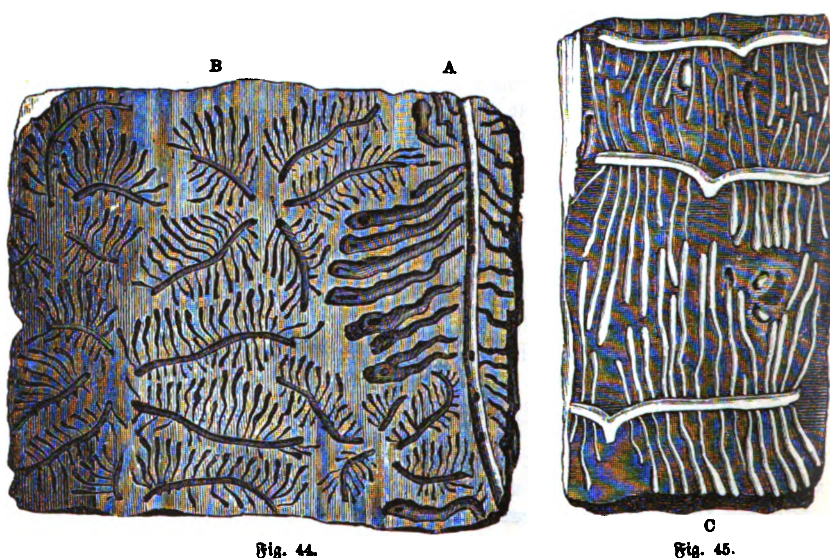


Fig. 44. Fig. 45.

Larvengänge mit ihren erweiterten Endigungen, den Wiegen ab. Der gemeinsam mit diesem Feinde oft vorkommende, kleine Fichtenborkenkäfer (Bostrychus chalcographus) ist sofort zu erkennen, da er, wie B zeigt, sternförmige Gänge aushöhlt. Doppelarmige Wagegänge sehen wir in Fig. 45 C von dem auf Eschen lebenden Hylesinus Fraxini. Dieser Käfer soll nach Henschel[1]) die Ursache der sogenannten „Rindenrosen" an den Eschenstämmen darstellen. Man versteht darunter nach Ratzeburg rosenartig aufblätternde, alljährlich an der Peripherie weiter greifende Rindenwucherungen, welche Aehnlichkeit mit dem Eschenkrebs haben. Der Käfer bohrt in die Rinde etwa 2 cm lange Ueberwinterungsgänge, die nicht mit den Brutgängen identisch sind. Von diesen, stets

[1]) Henschel: Die Rindenrosen der Esche und Hylesinus fraxini. Centralbl. f. d. ges. Forstwesen von Hempel 1880, S. 514.

an der Basis eines Zweigchens oder Auges angelegten Ueberwinterungsgängen geht die Rindenwucherung aus und ihre alljährliche Erweiterung verdankt sie der sich erneuernden Einwanderung von Käfern.

Nicht zu übergehen sind ferner die Bockkäfer (Cerambycidae), zu denen die Gattung Saperda gehört. Die Larven leben bohrend im Holze; von ihnen rühren häufig die größeren Bohrlöcher her, die in Obstbäumen, Weiden, Pappeln, Eichen und andern Waldbäumen gefunden werden. In manchen Gegenden ungemein verbreitet findet sich der große Pappelbockkäfer, Saperda Carcharias (Cerambyx), der besonders in mittelalten Stämmen zu finden ist und dessen Anwesenheit oft dadurch schon aus der Entfernung erkannt werden kann, daß die Basis der Stämme, in welcher das mit Holzspänchen erfüllte, größere Zugangsloch sich befindet, auffallend angeschwollen ist. Von Saperda Fayi[1]) wird aus Amerika berichtet, daß die Larve knorrige, gallenähnliche Anschwellungen an Aesten und Stämmen von Crataegus Crus-galli L. und C. tomentosa L. hervorbringt. Junge Pappeln und Weiden, sowie Erlen und Birken leiden an Aesten und Stämmen vom Erlenrüsselkäfer, dessen Puppe oft zur Winterszeit in den Holzgängen anzutreffen ist. Die angebohrten Aeste, an denen das mit braunem Bohrmehl belegte Eingangsloch ziemlich schnell aufzufinden ist, werden leicht dürr und vom Winde abgebrochen.

Theils wegen der großen Verwüstungen, welche der Käfer in den sechziger Jahren unsern Getreidekulturen zugefügt, theils wegen der Ausnahmestellung, die derselbe in der Familie der sonst nützlichen Laufkäfer einnimmt, sei hier etwas näher auf den Getreidelaufkäfer, Zabrus gibbus (Carabus gibbus Fabr.) eingegangen, obgleich derselbe kein Gallenerzeuger ist. Wir folgen dabei den Angaben von Kühn[2]), der auch Beispiele großartiger Verwüstungen anführt. Am verderblichsten wirkt die Larve, die mit ihren braunröthlichen Beinen sehr lebhafte Bewegungen ausführt; sie besitzt weißgrau umsäumte, braune Rückenschilder und einen braunschwarzen Kopf mit zangenartigen, großen Kiefern. Der Bauch ist grauweiß mit quergestellten, hellbraunen Punktreihen. Die Größe der wachsglänzenden, glatten, nur spärlich mit Borsten besetzten Larve, die sich also wesentlich von den übrigen bekannten saatverwüstenden Käferlarven (Engerlinge, Drahtwürmer 2c.) unterscheidet, beträgt 14—20 mm, bei einer größten Breite von nur 3 mm. Die Larven kommen nur des Nachts aus den bisweilen 20 cm tiefen Gängen des Bodens hervor, um zu fressen, und zwar greifen sie nur die oberirdischen Organe und nicht die Wurzeln an. Sie beißen aber nicht die Blätter ganz ab, sondern zerkauen dieselben dicht am Boden derart, daß der unverletzte Spitzentheil des Blattes durch die Rippen, zwischen denen das Parenchym herausgenagt ist, mit dem Stock noch verbunden bleibt, aber natürlich alsbald vertrocknet. So bleibt nicht selten die Spitze der älteren Blätter unverletzt, während der untere Theil derselben und das eben hervorsprossende jüngste Blättchen zerkauet sind. Manchmal werden auch ganz entwickelte Blätter von den Larven in ihre Löcher gezogen. Am meisten leiden Weizen-,

---

[1]) Bot. Jahresbericht 1880, S. 723.

[2]) Mittheilungen des landwirthsch. Instituts der Universität Halle. Zeitschrift d. landw. Centralvereins d. Prov. Sachsen 1869, Nr. 7.

Roggen- und Gerstenpflanzen; angegeben wird auch, daß bei Mangel an diesem Futter die Larven Hafer und selbst Wiesengräser abfressen; der Fraß stockt nur bei starkem Froste. Nun kann aber auch noch der Käfer einen erheblichen Nachtheil bringen, indem er die milchreifen Körner ausfrißt; er klettert an den Halmen empor und indem er sich mit den Hinterfüßen fest anklammert, zieht er, von der Basis der Aehre beginnend, mit den Vorderbeinen die Spelzen auseinander, faßt das Korn mit den Kiefern und frißt es von oben herab gänzlich auf, sobald es noch weich ist, oder nimmt bei fortgeschrittener Reife auch nur noch die oberen Parthien. Der Käfer legt seine Eier klumpenweise einige Zoll tief in die Erde; die Larven schlüpfen alsbald aus und finden sich im Herbst nur von geringer Größe vor, zeigen aber, im Frühjahr gesammelt, ihre größten Dimensionen, so daß man annehmen kann, daß das Larvenwachsthum bis zum Frühjahr beendet ist. Ende Mai erfolgt die Verpuppung und 4 Wochen später das Austreten des Käfers.

Wenn man liest, welche großartigen Verwüstungen seit Ende des vorigen und Anfang des jetzigen Jahrhunderts der Käfer stellenweis in einzelnen Jahren hervorgerufen hat, so wird die Erwähnung desselben hier gerechtfertigt erscheinen. Unter den Vertilgungsmitteln ist in erster Linie ein möglichst vollständiges Aufsammeln der Käfer am Platze. Kühn räth ferner, sogleich die heimgesuchten Felder zu exstirpiren und zu eggen, damit die ausgefallenen Körner schnell auflaufen. Nach diesem Auflaufen pflüge man das Land zur vollen Tiefe, am besten mit Doppelpflügen unter Anwendung eines Schälseches. Dabei kommen die aus den Eiern ausgeschlüpften Larven tief in die Erde und wenn sich dieselben wieder heraufgearbeitet haben, finden sie wenig Nahrung, falls man durch rechtzeitiges Eggen keine Gräser aufkommen läßt. Auch die umgebenden Stoppelfelder müssen in ähnlicher Weise bearbeitet und möglichst spät bestellt werden. Da alle Berichte darin übereinstimmen, daß Winterung (Weizen und Roggen) nach Halmfrüchten am meisten durch die Larven gefährdet erscheinen, so ist diese Fruchtfolge, ebenso wie der Anbau von Gerste auf Winterung zu vermeiden. Nach Giebel hat sich auch das Absperren der von den Larven ergriffenen Fläche durch einen etwa 60 cm tiefen und 30 cm breiten, möglichst steilwandigen Graben, dessen Sohle mit Kalk bestreut gewesen, bewährt.

Die Befürchtung, daß der aus Amerika eingewanderte, unserm Marienkäferchen ähnliche Coloradokäfer (Doryphora [Chrysomela] decemlineata) für unsere Kartoffelfelder dieselbe traurige Bedeutung erlangen würde, wie der Zabrus für das Getreide, hat sich glücklicherweise nicht bestätigt.

b) Lepidoptera (Schmetterlinge).

Unter den Schmetterlingen, welche lediglich durch ihre Raupen gefährlich werden, finden wir noch weniger Gallenerzeuger, als unter den Käfern.

Nicht eigentliche Gallen, sondern nur Holzanschwellungen verursacht die den Holzkörper der Weiden, Erlen, Birken, Pappeln und Nußbäume jahrelang durchbohrende Raupe des Weidenbohrers (Cossus ligniperda); außer dieser ist an Apfelbäumen auch noch C. aesculi zu nennen. Unter den zahlreichen, die Blätter junger Triebe zusammenspinnenden Blattwicklern (Tortricina) ist Tortrix (Retina) resinana hervorzuheben. Die Raupe erzeugt etwa haselnußgroße, harzbedeckte Anschwellungen der Kiefernzweige. Nach Rudow sollen die Harzgallen an den Zweigenden der Tannen von demselben Insekt herrühren, während die Anschwellung an den Astquirlen junger Kiefern von Tinea silvestrella hervorgerufen werden soll. Der mit Vorigem nahe verwandte Tortrix Buoliana wird der Kiefer dadurch schädlich, daß die Raupe in den jungen, bis 8 cm langen Kiefertrieben bohrt, so daß sie sich allmählich umlegen, vertrocknen und braun werden.

In Rücksicht darauf, daß die Fraßgänge sich auf Kosten der Reservestoffe der Frucht mit Kork auskleiden, wäre hier noch derjenigen Tortrix-Arten zu gedenken, welche wir Obstmaden nennen. Der Apfelwickler (Tortrix pomonella s. pomonana) legt im Juni und Juli seine bleich gelblich-rothen Eier einzeln an die unreifen Aepfel und Birnen. Das junge Räupchen bohrt sich an verschiedenen Stellen in die Frucht, um von den Kernen hauptsächlich zu leben. Die Wunde vernarbt in der Regel, und der das „Madigwerden“ und verfrühte Abfallen veranlassende Gast wird erst bemerkbar, wenn er den angehäuften Koth durch einen (äußerlich schwarz berandeten) Gang nach außen schafft. Stoßen 2 Früchte aneinander, tritt nicht selten die Raupe aus einer Frucht in die andere und klebt beide mit ihrem Gespinnst aneinander, so wie sie auch ein aufliegendes Blatt häufig an die Frucht klebt. Die Maden von dem röthlichen Pflaumenwickler (Tortrix [Grapholitha, Carpocapsa] funebrana Tr.) gehen meist vom Stiel aus in die unreifen Pflaumen und (wenn auch seltener) in die Aprikosen, um sich von dem Fruchtfleisch zu nähren. Gummifluß bei den Pflaumen und andern Amygdalaceen verursacht die schmutzig grüne Raupe von T. Woeberiana (ornatana); sie lebt fast das ganze Jahr hindurch im Splint des Stammes, den sie mit ihren Gängen durchbohrt und mannigfach verunstaltet. Das Madigwerden der Erbsen wird ebenfalls durch Tortrix-Arten verursacht. Grapholitha Zebeana Rtzb. veranlaßt nach Torge (Bot. Jahresbericht 1879, I, S. 191) an Lärchen holzige, erbsen- bis haselnußgroße Gallen. Wenn dieselben zahlreich an jungen Bäumen auftreten, geben sie denselben ein knorriges Ansehen. Durch das Benagen der Rinde zweijähriger Zweige an der Ursprungsstelle eines Auges oder Triebes erzeugt das Räupchen starken Harzfluß und den gallenartigen Auswuchs, in welchem dasselbe (vermuthlich) 2 Jahre lebt. Bei dem Fichtenrindenwickler (Graph. pactolana) Tortrix dorsana geben die Wundstellen die Einwanderungsheerde für die Sporen der nach Hartig (Forstwiss. Centralbl. v. Bauer 1879, S. 471) krebsartige Wucherungen erzeugenden Nectria Cucurbitula ab.

Als Beispiele aus der größten Schmetterlingsfamilie, der der Motten (Tineïna) mag zunächst die Fliedermotte (Tinea [Gracilaria] syringella Fabr.) angeführt werden. Die meisten Mottenlarven sind Substanzzerstörer. Viele leben in zusammengezogenen Blättern; andere miniren bestimmte Gänge in dem Blattfleische (Minirraupen), einzelne fertigen sich aus dem Nagemehl Gehäuse, die oft von hornartiger Gestalt und schwärzlicher Farbe erscheinen, oder sie spinnen tonnenförmige Gebilde (Kleidermotte). Noch andere leben bohrend im Marke, in Früchten und Samen oder auch gesellschaftlich in einem, den Weideplatz einschließenden, sich immer mehr ausbreitenden Gespinnste. Die Raupe der Fliedermotte verursacht blasig zusammengezogene oder eingerollte Blätter an Syringa. Braune, 2—3 mm große, trockne, buckelige Flecke auf den Blättern durch Abnagen des Blattfleisches von der Unterseite her und Zusammentrocknen der Oberhaut verursachen an Kern- und Steinobstbäumen die Raupen der Obstblattschabe (Tinea [Coleo-

phora] hemerobiella), die in röhrenförmigen, schwarzen, die Blätter bisweilen reichlich besetzenden Säckchen leben. Die sehr ähnliche Tinea nigricella Steph. ruft ähnliche Beschädigungen außer an Obstbäumen auch noch an Blättern von Schlehen, Birken, Haseln, Weißbuchen, Weißdorn und Ulmen hervor. Tinea Clerckella H. ist der eigentliche Obstlaubminirer, dessen schlangenförmige Gänge aber nicht nur in den Blättern der Stein- und Kernobstbäume, sondern auch der Birken sehr reichlich angetroffen werden. T. silvestrella verursacht, wie bereits bemerkt, durch ihre Raupe die Anschwellung dünner Zweige unserer gewöhnlichen Pinus silvestris.

Einem Berichte[1]) der agrikulturchemischen Versuchsstation von Palermo an den italienischen Handels- und Ackerbauminister entnehmen wir die Beschreibung einer Galle des Weinstocks, welche im Wesentlichen übereinzustimmen scheint mit Exemplaren, die uns vom Rhein her gesendet worden waren, die also für Deutschland möglicherweise dieselbe traurige Bedeutung einmal erlangen kann, die sie im Jahre 1875 in Italien hatte.

In der Provinz Messina in der Umgegend von Mistretta bei St. Stefano zeigten die Weinstöcke gelbe Blätter. Die Wurzeln waren nicht phylloxerirt, sondern ganz gesund, bis auf etwaige Mycelfäden. Die Ursache der Erkrankung zeigte sich in einer Larve, welche wahrscheinlich einem Schmetterlinge angehörte; sie lebte in nuß- bis apfelgroßen, 3—8 cm dicken, weichen oder schon verholzten, rauhen und runzeligen Anschwellungen der starken Reben und Stämme, von deren Gewebe sie sich nährte. Die Gallen erscheinen durchfurcht von einer Menge Gallerien; in den letzten Ausläufern derselben, wo das Holz noch weiß und saftig ist, hält sich die Larve auf, begiebt sich aber, wenn die Galle zu vertrocknen beginnt, in den Stamm selbst, wobei sie die Seite, an welcher sie eindringt, vertrocknen macht. Das Gewebe der jungen, noch warzenartigen Gallen (Porri) ist schwammig, aus großen, dünnwandigen Parenchymzellen aufgebaut. Die Parenchymmassen sind von Gefäßsträngen in dünnen Lagen unregelmäßig durchfurcht; später treten die Holzelemente reichlicher auf. Oft finden sich Gallen mit concentrischer Schichtung und dann folgen die regelmäßigen, glattwandigen Gallerien der Krümmung der Schichten.

In jeder Galle ist nur eine Larve von 12—13 mm Länge und 2 mm Dicke mit kleinen, konischen Füßen; sie spinnt einen feinen, weißen Faden, an dem sie auch hängen bleibt, wenn man sie aus dem Neste herausnimmt. An mancher Rebe finden sich 2 bis 6 Gallen, welche manchmal den ganzen Umfang einnehmen und die, selbst wenn sie zu verschiedenen Epochen entstehen, doch so viel plastisches Material beanspruchen, daß der Stock nur schwache, kurze Triebe macht. Die Lage der Stöcke übt keinen Einfluß; ältere Stöcke scheinen mehr zu leiden, wenn auch die Gallen ebensogut auf jungem Holze vorkommen. Das Uebel ist durch ein gleichzeitig in der ganzen Gegend auszuführendes Ausschneiden und Verbrennen der Gallen zu heben.

c) Hymenoptera (Hautflügler, Wespen).

Wir sind bei der Aufzählung der Gallenerzeuger von der zoologischen Anordnung insofern abgewichen, als wir die Lepidopteren mit ihren saugenden Mundtheilen den Hautflüglern, welche beißende Mundtheile besitzen, vorangestellt haben. Die Aenderung geschah lediglich deshalb, damit die Insektenordnungen, welche die Hauptmasse der Gallenerzeuger enthalten, mehr zusammen blieben. Die durch ihren gestielten, seitlich zusammengedrückten Hinterleib sich auszeichnenden Gallwespen besitzen fußlose Larven, welche in der Mehrzahl der Fälle

[1]) Briosi: Sopra una Malattia delle Viti. Palermo 15 giugno 1875.

auch den Reiz ausüben dürften, der zur Erzeugung der Galle gehört; dieser dürfte mechanischer Natur sein, während man in andern Fällen, in denen die Gallenbildung schon kurz nach der Eiablage eintritt, einen Giftreiz wohl annehmen kann. Die fertigen Wespen legen ihre Eier an oder in jugendliche, meristematische Gewebeheerde besitzende Pflanzentheile. Das Einsenken des Eies geschieht bekanntlich durch Einbohren ihres aus der klaffenden Afteröffnung gewöhnlich deutlich hervorragenden, borstigen oder haarförmig dünnen, bisweilen das ganze Thier an Länge überragenden Legestachel. Während das Weibchen nun an dem passenden Pflanzentheile mit gesenktem Kopfe und stets schwingenden Fühlern tastet, schnellt es den in der Ruhe an der Basis stark gekrümmten Legestachel kräftig vor und bohrt ihn fast senkrecht nach unten in den Pflanzentheil ein. Das dünne Ende des gestielten, mit schlauchartig dehnbaren Wandungen versehenen Eies wird durch den Legestachel in die Pflanze gesenkt, worauf der Inhalt des Eies aus dem dicken Theile in den Stiel fließt und somit in das Innere des Pflanzentheils gelangt. Hat die Wespe nur ein Ei zu legen, wodurch eine nur einkammerige Galle entsteht, so ist der Akt in kurzer Zeit vollendet; stundenlang dagegen dauert das Geschäft, wenn mehrere Eier in dieselbe Wundöffnung abgelegt werden, wobei das Weibchen mit dem Stachel nur allmählich etwas seitwärts zu rücken scheint. Die Folge der vermehrten Eiablage ist die Entstehung mehrkammeriger Gallen. Die theils nach dem Winter erst sich erschließenden Eier lassen dicke, fleischige, milchweiße Larven mit starken, hornigen, gelben Oberkiefern hervortreten und diese entwickeln sich meistens schnell, bisweilen aber auch erst nach vielen Monaten zu anfangs milchweißen, später dunkler werdenden, kahlen Puppen, die nur kurze Zeit ruhen und bald die vollendete Wespe hervortreten lassen. Das Thier, welches nicht sofort die Galle verläßt, benutzt seine Kiefern zur Zernagung des Kerkers, indem es sich von der Larvenkammer aus eine Röhre bis zur Außenwand frißt, bis es endlich durch das kreisrunde Flugloch, welches grade nur das Thier mit Mühe hindurchläßt, austritt und nach Erhärtung der Flügel oftmals bald an das Begattungsgeschäft geht. Große Trockenheit der Galle verhindert manchmal das Austreten des Thieres, dessen Lebensdauer bei den einzelnen Gattungen ungemein verschieden ist. Manche Wespen leben nur wenige Tage, legen Eier und sterben, während andere in Baumritzen, unter Laub, zwischen Knospenschuppen u. dgl. Schutzorten überwintern.

Die neueste Zeit hat über das Geschlechtsleben der Gallwespen hochinteressante Aufschlüsse gegeben. Nach den mehrfach bestätigten[1]) Beobachtungen

---

[1]) Lichtenstein: Notes (sur les métamorphoses des Cynipides), cit. Bot. Jahresbericht 1878, I, S. 151.

Fletcher: Notes on dimorphism and alternation of generations in Cynipidae, cit. Bot. Jahresb. 1878, I, S. 152.

von Adler[1]) pflanzen sich einzelne Gattungen durch Parthenogenesis fort, wie dies z. B. bei der die Schlafäpfel der Rose erzeugenden, später noch näher zu erwähnenden Rhodites Rosae L. der Fall ist. Hier ist die Gallenbildung auf den mechanischen Reiz durch die Larve allein zurückzuführen, da die Galle erst entsteht, wenn die Larven den Eiern bereits entschlüpft sind. Bei den die Weidenblattgallen erzeugenden Nematus dagegen erscheint die Galle schon fertig gebildet, bevor die Larve dem Ei entschlüpft. Ebenfalls auf Parthenogenesis zu schließen dürfte bei andern Gattungen der Gallwespen sein, bei welchen bisher nur Weibchen beobachtet worden sind; bei andern Gattungen, wie z. B. bei Teras erscheinen zwar beide Geschlechter in ziemlich gleicher Anzahl; sie sind aber ganz verschieden gestaltet und bewohnen besondere Gallen, d. h. einzelne Gallen liefern Männchen, während aus anderen, ebenso geformten nur Weibchen auskriechen. Die wichtigste Entdeckung von Adler ist aber jedenfalls die Beobachtung eines Generationswechsels mancher Cynipidengeschlechter. Es zeigt sich nämlich, daß Thiere, welche früher durch ihr Aussehen und ihren charakteristischen Gallenbau als selbständige Gattungen angesehen worden sind, nur verschieden gestaltete Generationen derselben Art darstellen. Die geschlechtslose Form weicht eben bedeutend von der geschlechtlichen ab.

Die Untersuchungen wurden zunächst an der Gattung Neuroterus, welche an den Blättern von Quercus pedunculata linsenförmige Gallen in oft außerordentlich großer Menge erzeugt, in Angriff genommen. Die Bildung der Linsengallen erfolgt nicht vor Juli, obgleich die Wespen aus ihnen zu Ende des Winters ausschlüpfen und bereits im März ihre Eier in die Knospen legen. Es legen ferner die im März und April fliegenden Thiere nur je ein oder einige Eier in eine Knospe, so daß im besten Falle nur 4—6 Gallen auf ein Blatt kommen könnten; nun finden sich aber manchmal mehr als hundert derartiger Linsengallen auf einem Blatte. Diese Umstände veranlaßten Adler, Versuche an geschützt stehenden Pflanzen von Quercus pedunculata einzuleiten. Er erhielt aus den Eiern von Neuroterus fumipennis Htg. nun nicht die erwarteten linsenförmigen Gallen, sondern schon im Mai kugelige Gallen, welche der im Juni fliegenden Wespenart Spathegaster albipes Schenk. angehören. Darauf sah Adler, daß in den ersten Tagen des Juni die Spathegaster-Weibchen ein junges Blatt an der Eiche aufsuchten und in dasselbe ihre Eier ablegten, indem sie die Epidermis an vielen Stellen einsägten; die Wunde schloß sich sehr schnell. In der dritten Woche, als die Larven bereits aus den Eiern gekrochen waren, zeigte sich der Beginn der Gallenbildung und Ende Juli konnte dieselbe als die linsenförmige, zu Neuroterus gehörige Galle erkannt werden. Die Untersuchung von Neuroterus ergab nun, daß das receptaculum seminis atrophirt und stets leer, bei den Spathegaster-Weibchen aber mit Spermatozoen angefüllt war. Somit erwies sich Neuroterus als die agamische Form von Spathegaster. Bei den später noch aufgeführten Arten schließt Adler auf einen ebensolchen Zusammenhang zwischen Neuroterus lenticularis und Spathegaster baccarum, N. numismalis und Sp. vesicatrix. Von anderen Cynipiden-Gattungen ist derselbe Zusammenhang theils sicher gestellt, theils höchst wahrscheinlich zwischen Dryophanta scutellaris, von

---

[1]) Adler: Beiträge zur Naturgeschichte der Cynipiden. Aus „Deutsche entomologische Zeitschrift“ XXI, cit. in Bot. Jahresbericht 1877, S. 494.

der die unten abgebildete Eichengalle stammt, und Trigonaspis crustalis Htg. (megaptera Pg.), ferner zwischen Dryophanta longivestris und Spathegaster Taschenbergi, Aphilothrix radicis und Andricus noduli u. A. Eine eingehendere Aufzählung der zusammengehörigen agamischen und geschlechtlichen Wespenformen liefert Mayr.[1])

Die Entwicklung der Gallen ist erst in verhältnißmäßig wenigen Fällen studirt worden. Es liegen vorläufig nur die Untersuchungen von Eichengallen durch Prillieux[2]) und Frank[3]) vor. Nach denselben läßt sich trotz der vielfachen äußeren Verschiedenheiten doch bei den Gallen ein allgemeines Baugesetz erkennen. Der Eintrittskanal des Eies schließt sich meist durch Ueberwallungsgewebe. Um das Ei herum bildet sich in dem Gewebe eine Zone intensiver Zelltheilungsvorgänge, also eine Meristemschicht aus. Ist das Ei in ein Blatt gelegt, so wird das Innengewebe (Mesophyll) des Blattes an der Stelle, wo das Ei liegt, meristematisch; bei Stengelgallen können das Mark oder auch sämmtliche Zellformen des Grundgewebes sich betheiligen. Die Meristemzone entwickelt nun reichlich neues Gewebe, welches die Auftreibung hervorbringt. Die durch die innere Auftreibung gespannte Epidermis und die unmittelbar darunter liegenden Schichten folgen durch Dehnung und Zelltheilung der Auftreibung oder aber reißen auch entzwei, so daß die heranwachsende Gallgeschwulst mit eigner Epidermis hervortritt. Je größer die Gallgeschwulst wird, desto ausgedehnter werden die aus dem Meristem hervorgehenden Gewebeschichten, die sich meist in 3 Lagen differenziren. Die innerste, erstentstandene, aus kleinen, dünnwandigen, plasmareicheren Zellen gebildete Lage führt den Namen „Gallenmark“ oder Innenschicht und dient dem sich entwickelnden Thiere zur Nahrung; äußerlich begrenzt ist das Mark von einer harten, aus Sclerenchymzellen gebildeten, bald stark entwickelten, bald schwachen, bisweilen fehlenden „Hartschicht“ oder „Schutzschicht“ und diese wird von einer häufig sehr breiten, aus dünnwandigem Parenchym von mehr oder weniger lockerem Bau gebildeten „Außenschicht“ eingeschlossen. Die äußere Lage der Außenschicht ist die Epidermis, die vielfach durch Korkbildung verstärkt ist. Wie Frank speziell angiebt, behält eine innere Zone der Außenschicht, welche an die Seiten der Schutzschicht angrenzt, den Meristemcharakter und bewirkt das weitere Wachsthum, wobei in ihr auch die Gefäßbündel entstehen.

Es schließt sich somit nach meiner Auffassung der Aufbau der Cynipidengallen demjenigen anderer größerer Gewebewucherungen an. Man bemerkt zunächst durch den Reiz der Eiablage oder der Larve einen Zellvermehrungsheerd, der durch die Epidermis des mütterlichen Pflanzentheils oder durch

---

[1]) Mayr: Die Genera der gallenbewohnenden Cynipiden, cit. Bot. Centralblatt 1882, IX, S. 123.

[2]) Prillieux: Etudes sur la formation et le développement de quelques galles. Annales d. scienc. nat. 6. ser. Bot. t. III, S. 113.

[3]) Frank: Krankheiten d. Pflanzen, 1880, S. 767.

die eigne, bisweilen durch Korkschichten verstärkte Oberhaut einen zunehmenden Rindendruck erfährt. In Folge des Rindendruckes entstehen allmählich aus der nach außen rückenden Meristemzone festere, inhaltsärmere, dem Holzkörper eines Achsenorgans entsprechende Elemente in Form von Sclerenchymzellen; nach außen hin vermehrt die Meristemzone die Außenschicht, welche der Rinde entspricht. Je nach dem schnelleren oder langsameren Erlöschen des Gallreizes wird das hypertrophirte Gewebe die dem Holzkörper entsprechende Schutzschicht wenig oder stark ausbilden; ebenso wird die Rindenschicht bald dichteren und bald schwammigeren Bau zeigen. Im letzteren Falle kommt es vor, daß die innerste Rindenlage nach Erlöschen des Wachsthums zusammentrocknet und zerreißt, so daß der holzige Kern mit der Gallenkammer als losgetrenntes Ganze in der Außenschicht eingeschlossen liegt. In diesem Falle sprechen wir von einer „Innengalle“, die später herausfallen kann.

Von dem typischen Gallenbau können Abweichungen vorkommen; dieselben können bedingt sein einerseits durch eine nach Beginn der Gallenbildung erfolgende Wiederholung[1]) der Eiablage oder durch Einwanderung von Inquilinen[2]) oder vorzeitiges Absterben der Gallerzeuger.

Um einen Begriff von der Reichhaltigkeit der Gallen zu erhalten, sei einer Angabe von Karsch[3]) gedacht, der die Gesammtzahl aller Gallenformen auf ungefähr 1250 schätzt; davon würde $^1/_5$ auf die Cynipiden zu rechnen sein, und von diesem Fünftel sind 90 % Eichengallen. Daß die beiden vorzugsweise von Cynipiden heimgesuchten Pflanzengeschlechter der Eichen und Rosen sich durch Gerbsäurereichthum auszeichnen, erscheint bemerkenswerth.

Wir wenden uns zunächst zu den Eichen. Von Wurzelgallen[4]) ist die im Herbst reifende und bei dem Ausroden alter Stämme aufzufindende Biorhiza aptera Fabr.

---

[1]) Ormerod: Considerations on abnormal gall-growth, cit. Bot. Jahresb. 1878, I, S. 152.

[2]) Fitch: Modifications on gall-growth, cit. Bot. Jahresb. 1878, I, S. 152.

[3]) Karsch jun.: Eine Galle und ein neues Gallinsekt nebst Andeutungen über Cynipiden-Gallen im Allgemeinen, cit. Bot. Jahresb. 1878, I, S. 150.

[4]) Die Gallen führen sämmtlich die gleichen Namen, wie die sie erzeugenden Insekten. Die Aufzählung stützt sich auf die Arbeiten von Forster: Ueber die Gallwespen. Zoolog. Bot. Abh., Wien 1869.

Zahlreiche schöne Abbildungen sind bei Mayr: Die mitteleuropäischen Eichengallen 2c. Wien 1871/72.

Giraud: Signalements de quelques espéces nouvelles des cynipides etc. Zoolog. Bot. Abh., Wien 1859.

Hartig, Th.: Ueber die Familie der Gallwespen. Germar's Zeitschr. f. Entomolog., Bd. II, III, IV, 1841 ff.

Kirchner: Die Gallauswüchse des Budweiser Kreises. Lotos. Prag 1855.

Ratzeburg: Die Forstinsekten und Ichneumonen der Forstinsekten.

Schenk: Beiträge zur Kenntniß der Nassauischen Cynipiden 2c. Nassauische Jahrb. 1865.

v. Schlechtendal: Beob. über Gallwespen. Stett. Entom.-Zeit. 1870.

zu erwähnen; die nuß- bis faustgroßen, rundlichen oder abgeplatteten, braunen, holzigen, innen markigen, vielkammerigen Gallen sitzen einzeln oder traubenförmig vereinigt an den dünnen Eichenwurzeln.

Rindengallen vom Ansehen der Schildläuse finden sich in manchen Jahren häufig an den dünnen Zweigen junger Eichen; sie sind von einer blasigen, glatten Haut bedeckt, sitzen zu mehreren dicht bei einander, etwa 2 mm tief im Zweige eingesenkt und reifen im September. Wenn die Wespe Andricus noduli Htg. durch das kleine Flugloch ausgeflogen, schrumpft oft der Zweig zusammen und vertrocknet.

Von Knospengallen dienen als Beispiel zunächst die durch Cynips tinctoria L. hervorgerufenen Levantischen Galläpfel, die eigentlich asiatischen Ursprungs sind, aber auch in Mitteleuropa an Quercus pubescens und sessiliflora gefunden werden. In Droguenhandlungen erhält man auch die in den Blattachseln von Quercus pubescens, sessiliflora und pedunculata auftretende, in ihrer Gestalt einer kleinen Mispel gleichende Galle von Cynips polycera Gir.

Bekannt dürften ferner die im Juni in Gestalt rother, 5—12 mm großer Kügelchen neben der Knospe erscheinenden, später rothbraun oder grünlich mit weißem Ueberzuge werdenden Gallen von Cynips lignicola Htg. sein. Massenhaft in manchen Lokalitäten an jungen Eichen findet sich Aphilothrix gemmae L. Die bis 2 cm großen, grünlichen, im trocknen Zustande mit losen, behaarten Schuppen besetzten Gallen haben die Gestalt eines Zapfens. Im September oder Oktober fällt eine schwarze, glatte, gestreifte, birnförmige, holzige Innengalle mit einfacher Larvenkammer heraus und überwintert unter Laub, bis im Mai des zweiten oder dritten Jahres die Wespe aus einem seitlichen Flugloch heraustritt. Meist ebenfalls häufig an jungen Eichen erscheinen die spindelförmigen, bisweilen gestielten, aus den Axillarknospen hervorbrechenden, 1 cm großen Gallen von Aphilothrix solitaria Fonsc. Auffallend durch Größe und Färbung ist die Galle von Teras terminalis Fbr.; sie bildet nuß- bis faustgroße, schwammige, anfangs weiche, grüne, später rothe, vielkammerige Kugeln, die schon bei dem Aufbrechen der ersten Knospen sich zeigen und im Juni reifen, wobei sie trocken und gelblich werden. Nach Rudow erscheinen vom Mai ab mehrere Jahre lang die Wespen und über 40 verschiedene Inquilinen und Parasiten. Die Galle bleibt verwittert lange fest an den Zweigen, färbt sich schwarz und besitzt nur noch die Innengalle. Die Weibchen stechen sofort die Knospen an; das Ei ruht bis zum nächsten Jahre.

Von den Blattgallen erwähnen wir Biorhiza renum Htg., jene nierenförmigen, überall sehr häufigen, an der Blattunterseite dicht beisammen stehenden, rothglänzenden, später hellbraunen, 2 mm breiten, kurz gestielten, weichen Gallen. Ebenfalls überall vorkommend sind die kugelrunden, 1—2 cm Durchmesser zeigenden, an der Blattunterseite erscheinenden, nebenstehend abgebildeten, gelben, grünen oder rothen Gallen von Cynips quercus folii (L.) Htg. (Dryophanta scutellaris Oliv.) (Fig. 46, s. S. 768). Sobald die Wespe seitlich ausgeflogen, schrumpft die Galle zusammen. Cynips folii Schenk. baut ebensolche, aber nur erbengroße, meist auf Quercus pubescens vorkommende, gelbbraune, stumpfhöckerige Gallen. Mayr[1]) betrachtet Dryophanta folii Schenk. (D. pubescentis Mayr) als Subspezies von D. folii L.

An den Seitenrippen der Blattunterseite von Quercus pedunculata erscheinen die glänzenden, braunen, erbsengroßen, von oben nach unten zusammengedrückten, kleinwarzigen Gallen von Dryophanta divisa Htg. sehr häufig. Ebenso häufig ist die auf der Mittelrippe sitzende, auf der Blattunterseite von Quercus pedunculata und sessiliflora vorkommende, grüne, saftige, kugelige, erbsen- bis nußgroße, später zusammentrocknende Galle

[1]) a. a. O.

von Spathegaster baccarum L., welche auch roth gefärbt am Blattstiel gefunden wird. Ueberall massenhaft ist auch auf beiden Eichenarten Andricus curvator Htg. Hier ist die erbsengroße Galle durch das Blatt gewachsen und krümmt dasselbe; sie bildet eine grüne, härtliche Auftreibung, welche entweder glatt oder fein behaart oder gefurcht erscheint. Reif wird sie knorpelig, braun, mit großer Larvenkammer und loser Innengalle. Oft sind mehrere Gallen mit einander verwachsen.

Aus der Reihe der Blüthengallen ist Andricus ramuli L. (amentorum Htg.) erwähnenswerth. Kleine, zu 10—20 gehäufte Gallen an den männlichen Blüthenständen beider Eichen bilden nußgroße, wollige Massen, ähnlich dem Rosenbedeguar, von weißer, gelblicher oder grünrother Farbe.

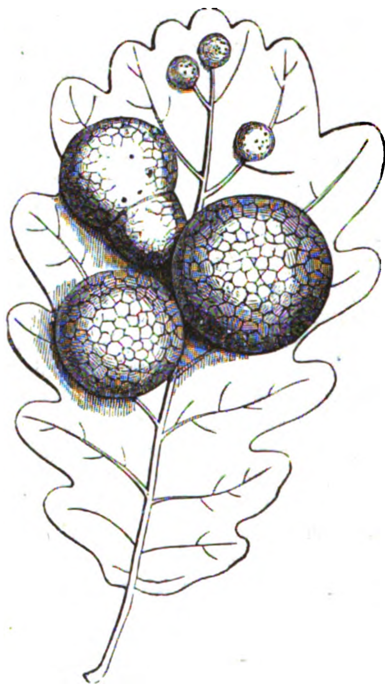


Fig. 46.

Fruchtgallen sind die bekannten „Knoppern" (Cynips calycis Brgdf.), die wulstighöckerige Verunstaltungen des Fruchtbechers darstellen.

Neuerdings hat Th. Hartig[1]) darauf hingewiesen, daß manche Gallen spärlich vorkommender Cynipiden durch ihren Bau Schutzvorrichtungen darstellen, welche den Gallenerzeuger gegen den Angriff seiner Feinde sichern. Die Gallen von Cynips lucida sind mit keulenförmigen Auswüchsen besetzt, die an ihrer Spitze einen Klebstoff reichlich absondern, eine Fähigkeit, welche der die Galle tragenden Eiche in keinem ihrer Theile eigenthümlich ist. Bei Cynips Medusae ist die Annäherung feindlicher Insekten durch einen Wald verästelter Dornhaare verhindert; bei C. Hartigii Koll. ist die kleine, einkammerige (halbkugelige Gebilde aus Adventivknospen) Galle rund herum besetzt mit Streitkolben ähnlichen Auswüchsen, die sich am verdickten Ende gegenseitig pressen, wie die Fruchtschuppen von Cupressus sempervirens; es entsteht dadurch zwischen Gallenkörper und dem oberen Verschluß dieser Streitkolben ein abgeschlossener Zwischenraum, in den der Legestachel der feindlichen Schlupfwespen nicht hinabreicht.

Von den auf andern Pflanzen vorkommenden echten Cynipiden-Gallen verdient der bekannte Rosenschlafapfel, Bedeguar oder Rosenapfel in erster Linie Beachtung. Auf den Stengeln, Blättern und Früchten von Rosa canina und rubiginosa verursacht Rhodites Rosae L. die bis zur Faustgröße heranwachsenden, rundlichen, nach außen dichthaarigen, grünen, gelben oder rothen, im Innern mit vielen holzigen Larvenkammern versehenen, bekannten

[1]) Th. Hartig: Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. Berlin 1878, Springer, S. 389.

Gallen (Fig. 47 [1]), die auch in kahlen oder andrerseits in stacheligen Varietäten vorkommen. Die kleineren, kugeligen, einkammerigen, bis 3 mm großen, glatten oder schwach runzeligen, rothen oder gelben Gallen, die oft mit der vorigen gemeinschaftlich vorkommen, werden durch Rhodites eglanteriae Htg. erzeugt. Etwas größer als diese und von kugeliger, oben etwas zusammengedrückter Gestalt mit mehreren kegelförmigen, spitzen Auswüchsen versehen, von hellgrüner oder rother Farbe erscheint die Galle von Rhodites rosarum Gir. Endlich findet man auch noch auf den Blättern, Stielen und Früchten von Rosa canina, spinosissima und rubiginosa die blasigen, nierenförmigen, grünen oder rothen, stacheligen, schwammigen oder holzigen Auftreibungen von Rhodites spinosissimae Gir.

Ueber die Entwicklung der Bedeguare liegt eine neue Arbeit von Pasclavszky [2]) vor, welche ergiebt, daß diese Rosenschlafäpfel trotz ihrer Stellung und ihres Baues keine Zweiggebilde, sondern stets Blattauswüchse sind. P. beobachtete, daß bei Rhodites Rosae das Anstechen der Knospe, auf welcher sich in der Regel nur eine Wespe, seltener zwei ansiedeln, in drei Richtungen erfolgt, und zwar von unten, von der rechten und von der linken Seite her. Die Eier werden mit ihrem spitzen Ende nur in die Epidermis der drei, einen Blattcyclus bildenden Blätter, hauptsächlich auf die Hauptnerven und die Blattstiele hineingedrückt. Am Vegetationskegel der Knospe konnte niemals ein Ei beobachtet werden und daraus erklärt sich, daß die Knospe sich weiter zum Zweige entfalten kann.

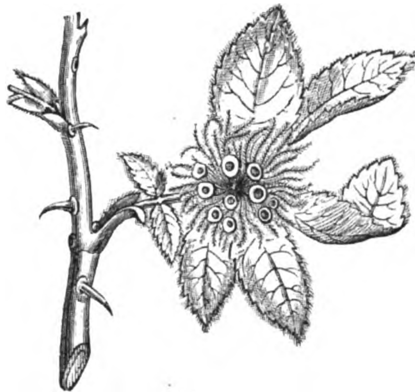


Fig. 47

Durch das Anstechen der 3 Blätter entwickeln sich ihre zugehörigen Internodien meist nur sehr wenig, so daß die an und für sich auch klein bleibenden Blattgebilde fast in einer Ebene verharren. Durch die besonders auf der Blattoberseite erfolgenden Eierablage wird das Wachsthum der jungen Blättchen irritirt; dieselben beginnen, sich zu verdicken und nach unten zu krümmen. Ein Giftreiz ist hierbei nicht anzunehmen, da P. dieselbe Erscheinung durch Einstecken feiner Silberstiftchen in den Stiel junger Rosenblätter erzielte. Aus der Oberfläche der die Eier tragenden Blätter erheben sich dann lange, ein-

[1]) Fig. 46 u. 47 aus Leunis' Synopsis.
[2]) Bot. Centralbl. 1883, Bd. XIII, S. 338.

zellige Haarbildungen, die durch ihr schnelles Wachsthum alsbald den übrigen Körper der kleinen Blättchen verdecken.

Während dieser Zeit kriechen die Larven in das Parenchym hinein und nun erheben sich die Larvenkammern als kleine Anschwellungen. Dadurch und durch das Fortwachsen der Haarbildungen und Ausstülpungen werden die erwähnten 3 Blättchen immer dicker und massiger, bis die Ränder derselben einander berühren, ihre jugendlichen Zellen zusammenwachsen, den Zweig umfassen und somit ein ringförmiger Schlafapfel fertig ist, der im Querschnitt deutlich die den 3 Blättern entsprechenden Theile und die reihenweise angeordneten Larvenkammern zeigt.

Der Vorgang vollzog sich innerhalb 8—9 Wochen; zwischen 15. und 20. März waren die Knospen angestochen worden und gegen Ende Mai war die Galle fertig.

Der endständig erscheinende Bedeguar bildet sich ebenso, wie die ringförmigen; er wird dadurch endständig, daß allmählich die über demselben stehenden Zweigglieder gelb werden, welken und schließlich abfallen.

Wenn blos ein Blatt angestochen wird, entsteht ein seitlicher Bedeguar; bisweilen sieht man an 3 übereinanderstehenden Blättern derartige seitliche Gallen und man kann sich dies dadurch erklären, daß der Anstich in der Knospe so erfolgte, wie bei der Bildung der ringförmigen Galle, daß aber die hervorgerufene Verkrümmung der Blätter und Verkürzung der Internodien so gering war, daß sich die Blätter normal entfalten und an ihren richtigen Stellen erscheinen konnten.

Auch die verwandte Gattung Rubus hat von Gallwespen zu leiden. Man findet nämlich an den Stengeln der Brombeeren und Himbeeren bisweilen fingerlange und dicke wurstförmige, grüne, weiche, später braune und verholzende, glatte, beulige oder stachelige Anschwellungen mit vielen Larvenkammern; sie werden durch Diastrophus rubi Htg. erzeugt.

Jedoch nicht ausschließlich sind die Holzpflanzen die Träger von Cynipiden-Gallen; auch krautartige Pflanzen haben bisweilen solche aufzuweisen. So finden sich z. B. an Glechoma hederacea nußgroße, fleischige, behaarte Verdickungen an Stengeln und Blattstielen, an Papaver Rhoeas Verdickungen der Fruchtkapseln inwendig mit markiger Galle; an Hieracium-Arten, sowie an Potentilla, Campanula Trachelium, Cichorium Intybus finden sich spindelförmige oder rundliche Stengelanschwellungen, an Verbascum nigrum Kelchanschwellungen u. s. w.

Unter den übrigen Wespenarten sind noch mancherlei Pflanzenfeinde, aber nur verhältnißmäßig wenig Gallenbildner. Durch das mit dem Legestachel zum Zweck der Eierablage erfolgende Anbohren der jungen Zweige der Rosen erweist sich z. B. als schädlich die Rosen-Bürsthornwespe (Hylotoma rosae L.). Die angebohrten Zweige krümmen sich, verkrüppeln und werden schließlich schwarz. Dagegen legt das befruchtete Weibchen der gelben Rosen-Blattwespe (Tenthredo [Athalia] rosae L.) seine Eier in die Mittelrippe der Rosenblätter und die Larve skelettirt das Blatt, von dem es nur die untere Epidermis läßt. In derselben Weise schadet die schwarze Kirschblattwespe (Tenthredo [Eriocampa] adumbrata Klug) den Blättern der Kirschen, Birnen, Pflaumen, Schlehen

und Aprikosen. Gegen die Larve der Kirschblattwespe empfiehlt Göthe[1]) das Betupfen der Thiere mit Tropfen der Neßler'schen Lösung. Diese gegen Blutlaus mit vielem Erfolg angewendete Lösung besteht aus 50 g grüner Seife, 100 g Fuselöl, 200 g Weingeist und 650 g Wasser. Zur Zeit der Pflaumenblüthe besucht die Pflaumen-Sägewespe (Tenthredo [Hoplocampa] fulvicornis Klug) die Blüthen und legt ein Ei in einen der Kelchausschnitte. Die nach 14 Tagen ausschlüpfende Larve verräth sich in der von ihr bewohnten Frucht durch ein derselben anhaftendes Kothklümpchen oder einen Tropfen erhärteten Gummi's. Während diese ebenerwähnten Gattungen ihr Vorhandensein einfach durch Substanzzerstörung der Wirthspflanze bekunden und dieselbe höchstens zu beschränkter Korkbildung veranlassen, ist die nächstverwandte Gattung Nematus ein eigentlicher Gallenbildner. Nematus angustatus Htg. bringt an Weiden (Salix viminalis) eine Anschwellung der Markröhre älterer Zweige hervor, die äußerlich als Verdickung sichtbar und im Innern mit braunem Cocon versehen ist. Nematus medullaris Htg. bildet an andern Weiden (Salix alba, amygdalina, aurita, fragilis und pentandra) braune, bisweilen wallnußgroße, holzige, glatte oder zerrissene mehrkammerige Gallen an den Zweigen.

Nematus Valisnieri Htg. ruft die zu 2—8 beieinanderstehenden, bohnenförmigen, röthlichen, auf beiden Seiten des Blattes sichtbaren Gallen bei Salix caprea hervor, während N. vesicator Brem. solche beiderseits sichtbare, länglich eirunde, rothe, blasenförmige Gallen auf Salix purpurea erzeugt. Ebensolche glänzende, gelbrothe, kugelige, haselnußgroße Gallen zeigt die Blattunterseite von Salix pentandra durch Nematus gallarum Htg. Auf Salix pentandra und caprea findet sich auch Nematus pedunculi Htg., dessen hellgrüne, behaarte, rundliche Gallen an den Blattstielen und Blättern gefunden werden. Endlich werden noch regelmäßige Blattrollungen und Verkrüppelungen verschiedener Weiden, wie S. aurita, uliginosa etc. als durch Nematus xanthogaster Frst. verursacht angegeben. Auch bei krautartigen Pflanzen, wie z. B. bei Stachys silvatica bringt die Gattung Nematus (N. fuscus Lep.) kleine Stengelanschwellungen hervor.

Wegen ihrer Bedeutung für die Praxis sei hier anhangsweise noch einiger Beschädigungen gedacht, welche die Kulturpflanzen durch andere Wespen, die nicht Gallenerzeuger sind, sowie durch Ameisen zugefügt erhalten. Die hier zu erwähnenden Wespen sind die zu einem Wespenstaat gesellig vereinigten Thiere, von denen das befruchtete Weibchen unter abgefallenem Laube, in hohlen Baumstämmen, unter Moos u. dgl. erstarrend überwintert, im Frühling zu bauen anfängt und, nachdem es einige Zellen fertig hat, dieselben mit je einem Ei belegt. Die fußlose Larve schlüpft in wenigen Tagen aus und wird von der Mutter mit saftigem Pflanzengewebe und todten Insekten, die sie aus dem Magen wieder heraufwürgt, ernährt. Nach kurzer Zeit spinnt die erwachsene Larve in der von der Mutter zugedeckten Zelle einen Cocon, in dem sie zur Puppe und alsbald auch zur Wespe wird, die durch Abnagen des Deckels sich befreit. In 5 Wochen ungefähr ist aus dem Ei die fertige Wespe geworden. Die ersten Thiere werden Arbeiter und helfen bauen, während die Stammmutter nur noch Eier legt; später im Sommer (etwa Anfang August) schlüpfen stachellose Männchen aus und noch später aus Zellen fortpflanzungsfähige Weibchen, die vor Winter noch befruchtet werden. Der Schaden besteht in dem Annagen und Aushöhlen des Obstes, was in obstarmen Jahren grade am empfindlichsten sich bemerkbar macht. Birnen können bis zur leeren Hülse ausgehöhlt werden; bei Kirschen und Pflaumen tritt bei feuchter Witterung vorzeitige Fäulniß ein. Die Feinde, welche die Wespen unter den Vögeln haben, reichen zur Vertilgung nicht hin

[1]) Deutsche Gärtnerzeitung 1879, S. 304.

und man muß daher zu künstlichen Vertilgungsmitteln schreiten. Gegen Obstbeschädigungen sucht man sich durch Aufhängen von enghalsigen Gläsern, die eine süße Flüssigkeit enthalten (Wespengläser) zu schützen. Die durch den engen Hals hineinkriechenden Thiere können nicht wieder heraus. Das Hauptaugenmerk ist auf die Zerstörung der Nester zu legen; die Mittel sind je nach dem Orte der Anlage verschieden. Erdnester müssen ausgeschwefelt werden; ebenso kann man bei den Nestern in hohlen Bäumen nur durch Einwirkung von Schwefeldampf die Thiere ersticken; frei an Zweigen hängende Nester sucht man in ihrer Gesammtheit herabzureißen und zu verbrennen oder die Thiere zu ersäufen. Nachts ist die beste Vertilgungszeit. Bei Erdnestern scheint ein Eingießen von Wasser, dem Benzin oder Terpentinöl beigemengt ist, auch wirksam zu sein. Das Eingießen erfolgt durch das Flugloch, welches nachher schnell und sorgfältig verstopft werden muß. Ein im geschlossen zu haltenden Raume längere Zeit fixirbarer Geruch dieser Stoffe soll alle Insekten ziemlich schnell tödten. Den Zweigen unserer Waldbäume (Esche, Buche, Birke) ist die Hornisse (Vespa crabro L.) ganz besonders schädlich, indem sie das zum Bau des Mantels ihrer Nester bedürftige Rindenmaterial von den jungen Zweigen abnagt und dieselben auf diese Weise manchmal ganz abschält.

Die Ameisen wirken nur schädlich, indem sie das Obst angreifen; diese Sucht nach Süßigkeiten veranlaßt auch ihre Jagd nach Blatt- und Schildläusen, die sie zum Abgeben süßer Ausscheidungen reizen, theilweis allerdings wohl auch tödten und wie die Larven von Raupen und Käfern fortschleppen. Dadurch wirken sie nützlich. Ebenso dürfte das von einzelnen Arten (Formica herculanea L. und ligniperda Latr.) veranlaßte Aushöhlen der Stämme, deren Frühjahrsholz sie vorzugsweise zerstören, mehr nützlich als schädlich sein. Sie greifen wohl nur kranke Bäume an und befördern deren Zerstörung. Leicht zu beseitigen ist der Schaden, den in Gärten und Frühbeeten die Ameisen durch Aufwühlen der Erde und Verschieben von Pflanzen anrichten. Todte Fische oder Häringsköpfe mitten in den Haufen gelegt, vertreiben die Thiere. Zum Wegfangen bedient man sich mit Vortheil großer Blumentöpfe, welche dicht neben einem Ameisenhaufen umgestülpt werden. Sobald diese Haufen mit Wasser umgossen werden, fangen die Thiere an, ihren Bau im Topf einzurichten, und durch Entfernen des Topfes und Ausschütten des Inhalts in heißes Wasser vertilgt man Thiere und Brut.

d) Diptera (Fliegen und Mücken).

Die Hauptgallenerzeuger der krautartigen Pflanzen sind aber die zu den Zweiflüglern gehörigen Gallmücken, deren Produkte allerdings meist nicht jene Vollkommenheit erreichen, wie die durch Gallwespen verursachten Auswüchse und die auch vielfach im Larvenzustande ihre Gallen verlassen, um sich in der Erde zu verpuppen. Wenn man von denjenigen Arten absieht, deren Larven sich durch lebendige Junge fortpflanzen können, wie dies in neuerer Zeit nachgewiesen worden ist, geschieht ihre Vermehrung durch Eier, welche bei den hier in Betracht kommenden Gattungen durch eine Legröhre in das Innere des Pflanzentheils eingesenkt werden. In andern Fällen werden die Eier nur an die Epidermis von Blättern angelegt. Auch hier ist es meistentheils nicht die bei der Eierablage stattfindende Verletzung, welche den Reiz für die Gallenbildung liefert, sondern der durch die sich entwickelnde Larve verursachte, lang andauernde Reiz. Wahrscheinlich wirkt auch der von der Larve behufs Ver-

flüssigung ihrer Nahrung ausgeschiedene, scharfe Speichel anregend für den Pflanzenkörper zur Gallenbildung.

Bevor wir zur Aufzählung einiger der häufiger vorkommenden, durch Dipteren verursachten Gallenbildungen übergehen, mag an einzelnen Beispielen die verschiedene Art und Weise der Verletzung der Pflanzentheile vorgeführt werden. Wir folgen zunächst hierbei der eingehenden, durch eigne Untersuchungen bereicherten Darstellung, welche Frank, gestützt auf eine Anzahl mir nicht zugänglich gewesener Spezialwerke[1]), in seinen „Krankheiten der Pflanzen" giebt.

Vermuthlich in Folge eines schwächeren Reizes finden wir bei einer Anzahl von Dipterenbeschädigungen nur schwache Gewebewucherungen vor, die sich in Form von Blattrollungen und Faltungen oder blasigen Ausstülpungen kund geben. Erstere Mißbildungen entstehen, wenn der Gallreiz am Blattrande wirksam ist, während die blasigen Ausstülpungen dann sich zeigen, wenn mitten in der Blattfläche Eier oder Larven sich vorfinden, die dann im Schutze der gebildeten Aushöhlung leben. Die leicht bemerkbare, fleischige oder knorpelige Beschaffenheit der irritirten Blatttheile beruht auf einer stärkeren Streckung und Vermehrung der Zellen des Blattfleisches (Mesophylls), wodurch der Unterschied zwischen Pallisaden- und Schwammparenchym meist verwischt, das Wuchergewebe also gleichartiger, dabei chlorophyllarm, aber oft mit rothem Zellsaft gefärbt erscheint. Wenn, wie dies gewöhnlich vorkommt, die Eiablage auf ganz jugendlichen, eben aus der Knospe tretenden Blättern erfolgt, dann behält der hypertrophirte Blatttheil gleich die Rollung bei, welche er in der Knospenlage gehabt hat. Das bekannteste Beispiel für solche Blattrollungen dürfte die Gattung Polygonum bieten; in großer Häufigkeit finden sich die dickfleischigen, weißlichen, roth getuschten, eingerollten Blätter bei P. Persicaria und amphibium var. terrestre vor und an diesen Pflanzen läßt sich auch leicht wahrnehmen, daß die gallig verdickten Blätter schneller braun werden, als die normalen. Diese kürzere Lebensdauer zeigt sich bei den meisten derartigen Blattdeformationen und darin liegt die Beschädigung, die diese Gallen dem Gesammtorganismus bei übermäßig häufigem Auftreten zufügen können.

Daß sich blasige Blattausstülpungen bis zur Bildung größerer Beutelgallen steigern, in denen dann die Larve lebt, ist bisher nur bei den röhrenförmigen Auswüchsen der Blattunterseite von Glechoma hederacea beobachtet worden. Dagegen giebt es mehrere Beispiele, welche die Bildung wirklicher Galläpfel, also fleischiger, geschlossener, im Innern eine Larvenkammer enthaltender Gewebewucherungen darthun. Die bei den Cynipidengallen früher angegebene Gewebedifferenzirung in Markschicht, Hart- und Außenschicht läßt sich dann auch hier erkennen. Diese Bildungen können sowohl aus dem Blattfleische (Mesophyll) als auch aus den Blattrippen entstehen; so z. B. finden sich die über beide Seiten halbkugelig hervortretenden Galläpfelchen von Hormomyia capreae, einer Weidengallmücke, theils im Mesophyll, theils an einer Rippe; bei Hormomyia piligera sieht man die braunhaarigen, kegelförmigen Gallen auf der Oberseite der Buchenblätter fast immer in den Winkeln eines Seitennerven mit der Hauptmittelrippe; aus dem Parenchym dicht am Gefäßbündel einer Rippe entspringen die kurz geschweift kegelförmigen, etwa 0,5—0,8 cm hohen, glatten, gelblichen oder röthlichen, harten Gallen der Rothbuchenblätter, Hormomyia Fagi Hrtg. Ebenso zeigen sich die warzenförmigen, auf beiden Blattseiten hervorragenden, purpurrothen Gallen der Weinblätter von Cecidomyia oenophila Haimh. immer an den Rippen; sie entstehen im Mai und schon Ende Juni ver-

[1]) v. Bergenstamm und P. Löw: Synopsis Cecidomyidarum. Verh. d. zool. bot. Ges., Wien 1876.

Karsch: Revision der Gallmücken. Münster 1877.

läßt die Larve dieselben durch ein Bohrloch, worauf sie zu einem braunen Flecke eintrocknen. Viele Reben Nordamerika's haben hornförmig gekrümmte, rothe, einkammerige Gallen auf der Blattoberseite; die veranlassende Fliege ist noch nicht bestimmt. Auch in Nordamerika sind auf der Mittelrippe der Blätter von Crataegus tomentosa halbkugelige Gallen beobachtet worden, welche, wie die Rosenschlafäpfel außen mit verzweigten, röthlichen Excrescenzen bekleidet sind. Nicht immer öffnen sich die Gallen durch ein Loch, welches die Larve bohrt, um sich in der Erde zu verpuppen, wie z. B. bei H. capreae; manchmal bohrt sich auch erst die Puppe durch und in andern Fällen springt ein kleiner Kuppentheil ab, wie bei C tiliacea Br. oder die Larve wird erst frei durch organischen Zerfall der Galle.

Sehr häufig begegnet man sog. Blätterknöpfen oder Blätterrosen, d. h. Deformationen von Zweigspitzen, deren Blätter durch Verkürztbleiben der Stengelglieder zu einem Köpfchen zusammengezogen und bisweilen mit einander verwachsen sind. Auch wenn eine Verwachsung nicht stattfindet, verdicken sich bisweilen die meist kürzer bleibenden Blättchen und je nach der Intensität dieser Veränderung finden sich bald kugelige, aus deutlichen Blattgebilden bestehende, lockere Knöpfe, wie bei Lein, (Linum usitatissimum) und Wolfsmilch (Euphorbia Cyparissias). oder es steigert sich die Verdickung bis zur Bildung tannenzapfenartiger Gallen. Ein Beispiel der letzteren Art sind die durch Hormomyia (Lasioptera) juniperina L. hervorgerufenen Kielbeeren auf unserm gewöhnlichen Wachholder; dieselben entstehen durch fleischige Verbreiterung dreier Nadeln, welche drei andere, kleine, die Larve umschließende Blättchen einfassen. Bei den Weidenarten kommen alle Uebergänge von den lockeren Köpfchen (Weidenrosen) bis zu den festen Gebilden vor. Die Blätterköpfe bei Crataegus Oxyacantha durch Cecidomyia Crataegi Wtz. erinnern insofern an die oben erwähnten, bedeguarähnlichen Bildungen bei Cr. tomentosa, als die verkleinerten Blattflächen sowohl als die vergrößerten Nebenblätter mit oft sehr zahlreichen, stachelig-drüsigen, bisweilen geweihartig verzweigten, parenchymatischen Auswüchsen versehen sind.

Eine noch hochgradigere Deformation in derselben Richtung stellen die Ananasgallen dar; es sind weißliche, schwammige Köpfchen, welche durch Auftreibung der Blüthenstiele einer Inflorescenz oder aller Blattbasen einer jugendlichen Zweigspitze entstehen. Die bekanntesten Beispiele sind die durch Cecidomyia Sisymbrii Schrk. verursachten bleichen Knöpfchen aus den umgewandelten Blüthenstielen von Nasturtium palustre und silvestre, von Barbarea vulgaris und Sisymbrium Sophia.

Die von Frank gegebene Entwicklungsgeschichte dieser Gallen zeigt, daß die einzelnen Blüthenstielchen oberhalb ihrer Basis durch außerordentliche Streckung ihres Parenchyms ein ganz schwammiges Gewebe darstellen; je jünger das Blüthenstielchen, desto stärker ist verhältnißmäßig die Auftreibung und desto mehr verkümmert die sonst nicht deformirte Blüthe an der Spitze. Es treten in diesem Falle die dicht beieinanderstehenden Stielchen zu einer Art Höhlung zusammen, in welcher die Larve lebt, die sich in der Galle verpuppt. Zuweilen sieht man die Gallen in den Blattachseln durch schwammige Auftreibung der Blattstielbasis entstehen, die mit dem bisweilen auch irritirten Stengel eine Höhlung für das Insekt bildet. Aehnliche Gallen liefert Cecidomyia Asperulae Lw. an Asperula tinctoria und galioides; der höckerige, weißliche, etwa 0,5 cm große Knopf besteht aus den schwammig gewordenen Blattbasen, von denen jede in einer Vertiefung eine Larve birgt.

Daß manche Gallmücken ihre Eier in die Blüthenknospen legen und in Folge dessen Gallen derselben erzeugen, darf nicht auffallend erscheinen und im Folgenden durch ein Beispiel belegt werden und ebenso werden Früchte verschiedener Art gallenartig umgebildet. Thomas machte in letzter Zeit auf einen Stachelbeerfeind, Asphondylia Grossu-

lariae Fitch aufmerksam; die jungen Früchte werden durch die in ihnen wohnende Larve, welche namentlich die Kelchwand zur Anschwellung veranlaßt, deformirt und frühzeitig zum Abfallen gebracht. Aehnliches Abfallen der jungen Birnen verursachen die gesellig in der jungen Frucht lebenden Larven von Cecidomyia nigra Mg. Das Madigwerden der Kirschen rührt von Spilographa Cerasi F., der Kirschenfliege, her, deren Made sich meist zwischen Kern und Stiel aufhält und später die abgefallene Frucht verläßt, um sich in der Erde zu verpuppen; ebenso verpuppt sich auch die Erbsenmücke, Diplosia Pisi Wtz., welche die grünen Körner der Hülsen aufzehrt, in der Erde. Zahlreiche Beispiele endlich von Stengelgallen geben wir in der folgenden speziellen Aufzählung.

Von besonderer wirthschaftlicher Bedeutung sind die Getreideschädiger, von denen in erster Linie Cecidomyia (secalina Löw) destructor Say., die Weizengallmücke oder Hessenfliege, zu nennen ist. Das Thierchen hat den Namen Hessenfliege (Hessian fly) nach seinem Auftreten in Amerika erhalten, wohin es im Jahre 1776 durch die unter General Heister auf Long-Island gelandeten hessischen Soldaten im Stroh mitgebracht worden sein soll. Je nach der Infektionszeit ist die Beschädigung durch die Larve, welche übrigens nicht blos am Weizen, sondern auch an andern Getreide-Arten und wilden Gräsern vorkommt, verschieden. Die Frühjahrsinfektion, welche durch die Eierablage der etwa 2,5 mm großen, schwarzen Fliegen an die unteren Stengelblätter hervorgebracht wird, springt in ihren Folgen mehr in die Augen. Die gelblich weißen Larven kriechen am Blatte abwärts in die Blattscheide hinein und zerstören einen Theil des sich streckenden Halmes am ersten oder zweiten Internodium. Der Halm geht dadurch nicht zu Grunde, aber er ist später an den Fraßstellen äußerst wenig widerstandsfähig und knickt leicht um, so daß bei reichlicher Einwanderung der Thiere in ein Feld dasselbe aussehen kann, als wenn es durch Lagern oder Hagel stellenweis gelitten hätte. Die aus diesen Larven hervorgehende zweite (Herbst-) Generation trifft nur auf jugendliche Pflanzen der Wintersaat oder des ausgefallenen Getreides; die Beschädigung an den ersten Knoten hat ein Absterben des Herzens und später des ganzen Pflänzchens zur Folge, so daß große Fehlstellen auf den Feldern entstehen. Aus den faulenden Pflänzchen gelangen die Tonnenpuppen auf die Erde und entlassen dort im Frühjahr die Fliegen. In infizirten Gegenden wird sich daher ein Beseitigen der befallenen Pflanzen und eine möglichst späte Wintersaat empfehlen. Die in den Stoppeln verbleibenden Puppen der ersten Generation sind wohl nur durch Unterpflügen zu zerstören.

Ebenfalls wegen ihrer Bedeutung für den Getreidebau sind noch die Fritfliege (Oscinis Frit — Musca Frit L. — Osc. vastator Crts.) und die bandfüßige Halmfliege zu erwähnen. Erstere zerstört in der Sommergeneration Gerste und Hafer. Wenn stärker bestockte Pflanzen von der weißen Made heimgesucht werden, sterben dieselben in der Regel nicht gänzlich ab, sondern es zeigen sich nur an der Basis eine Anzahl todter Triebe, während die schon die Aehren tragenden Halme gelbe oder rothe, wie von Rost befallene Blätter bei

grün bleibenden Stengelgliedern und Blattscheiden tragen. Bei jüngeren Halmen erscheint das Herzblatt gelb und welk an der Spitze, an der Basis bereits braun, fadendünn, weich und faulig, am Grunde abgenagt, wie abgefeilt. Ganz junge, noch nicht bestockte Pflanzen gehen vollständig zu Grunde; es hüllen dann die vertrockneten, gerollten Blattscheiden das todte Herzblatt ein, an dessem Grunde, dicht über dem Wurzelknoten, die walzenförmigen, fußlosen, quergeringelten, weißlichen, 2—4 mm langen, mit 2 Nagehaken am spitzen Kopfende versehenen Maden sich vorfinden. Dieselben sind aus einem röthlichen, etwa 1,15 mm großen, an der Unterseite gesunder Haferblättchen abgesetzten Ei ausgeschlüpft, sind in das Innere des Scheinhalmes hineingekrochen und haben das Herzblatt von oben nach unten und auch den jungen Vegetationskegel zerstört. Später treten sie, die Blattscheiden durchbrechend, wieder nach außen und verwandeln sich unterhalb der äußersten oder zweiten Blattscheide zu hellbraunen, glänzenden, mit 2 Spitzen versehenen Tonnenpuppen, aus denen etwa nach 8 Tagen die 2—3 mm lange, mit schwarzem Kopf, Fühler, Brust und Rüssel und schwarzbraunem, metallisch glänzendem, unterseits rostfarbigem Hinterleibe versehene Fliege hervorkommt. Diese sucht nun die Saaten von Winter-Weizen und Roggen auf.

Da die Ansteckung vom Winterroggen ausgeht, so vermeide man den Anbau der Sommerung in großer Nähe befallener Roggenfelder.

Die 3—5 mm lange, plumpe Fliege der bandfüßigen Halmfliege (Grünauge, Chlorops taeniopus) besitzt einen grünlich-gelben Bauch und Kopf und schwarz und gelb gestreiften Thoraxrücken; sie kommt aus einer 5—6 mm langen, 1 mm breiten, hell grünlich-gelbbraunen Puppe, aus der die Augen als rothe Punkte hervorschimmern. Die Fliege legt um Mitte Juni in das oberste Halmglied des Weizens und auch der Gerste 1—2 Eier, aus denen eine weiße, 4—6 mm lange, fußlose Made ausschlüpft. Diese frißt, am Halm abwärts steigend, bis zum obersten Halmknoten einen etwa 2 mm breiten Gang, der sich durch seine blaßbraune Farbe und markig lockere Struktur von der dunkelgrünen Halmoberfläche unterscheidet. Eine reichliche Saftergießung aus diesem Fraßgange tränkt die umhüllende Blattscheide; später trocknet die Wunde. In diesem Fraßgange haben wir es mit Gallenbildung zu thun.[1]) Während ein Theil des Parenchyms und der Gefäßbündel in dem von der Made gebildeten Fraßgange direkt zerstört wird, wachsen die übrigen Parenchymzellen des obersten Halmgliedes schlauchförmig in wagrechter Richtung in den Fraßgang hinein.

Das verletzte Halmglied schwillt der Quere nach an, wird oft bandartig mißgebildet, streckt sich nicht und trägt, wenn es sich nicht noch später erholt, verkümmerte Körner. Manchmal erscheinen die von Chlorops befallenen Halme schneckenförmig gekrümmt.

---

[1]) S. Cohn in Jahresb. d. schles. Ges. 1865.

Bei der Gerste fand Cohn auch die 2—3 Internodien unterhalb des obersten ganz kurz und gestaucht.

Die übrigen Getreideschädiger bilden kaum Gallen. Es sind dies die gelbe Weizenmücke Cecidomyia (Diplosis) tritici, deren gelbe Larven oft zu 15—20 in tauben Blüthen weißfleckig erscheinender Roggenähren vorkommen. Nach Rudow sollen die Larven allerdings im Weizen (Triticum hibernum) nußgroße Anschwellungen des Fruchtknotens hervorrufen. Cec. cerealis, die rothe Kornmade, ist im Hafer, namentlich aber im Weizen beobachtet worden. Dort finden sich die 1—2,5 mm langen, mennigrothen Maden zwischen dem abgestorbenen jungen Halme und der innersten Blattscheide meist dicht über dem letzten Knoten. — Wahrscheinlich identisch ist damit auch der früher in der Gerste und auch im Spelz beobachtete „rothe Kornwurm“ oder „Getreideschänder“ (Tipula cerealis Saut.) — Cecidomyia secalina Löw kommt nicht nur an Roggen, sondern auch an Weizen und Gerste und zwar häufig gemeinschaftlich mit Oscinis Frit und O. pusilla[1]) vor; sie ist nach B. Wagner mit der Hessenfliege identisch. Von der durch ihre glasirte Körperumsäumung charakterisirten, mit dem Vermögen, sich fortzuschnellen begabten, gelben Larve der in Deutschland immerhin nicht häufigen Cecid. tritici berichtet Taschenberg[2]), daß sie von einem Schmarotzer: Platygaster tipulae, heimgesucht würde.

Von den an krautartigen Pflanzen vorkommenden Gallenbildungen, welche von Gallmücken veranlaßt werden, mögen nach Rudow, der sich auf die unten[3]) angegebenen, mir leider nicht zugänglichen Werke bewährter Beobachter stützt, noch folgende hier Erwähnung finden.

Achillea Millefolium: Knospengallen in den Blattwinkeln mit behaarter Spitze durch C. Millefolii Löw. — Achillea Ptarmica: Stark deformirte Blüthenköpfe durch C. floricola Winn. — Artemisia campestris: Runde Knöpfe an den Stengelspitzen durch C. artemisiae Bché. und röhrenförmig verbildete Blüthenhüllen durch C. tubifex Bché. An Artemisia vulgaris sind die kleinen, röthlichen Gallen auf den Blättern nicht durch C. foliorum W. hervorgebracht, wie H. Löw beschreibt, sondern durch Gallmilben (Phytoptus), wie Fr. Löw in neuester Zeit berichtigt hat. — Aristolochia Clematitis: Anschwellung des Fruchtbodens durch C. pennicornis L. — Brassica Napus und oleracea: Mißbildung der Samen und gallenartige Verdickung der Schote durch C. ochracea Winn. und C. brassicae Winn. Ueber Letztere sind in neuerer Zeit Klagen aus Oesterreich eingelaufen. Es wurden 50—60 Stück Maden in einer Schote

---

1) J. Kühn: Bemerkungen über das Vorkommen einiger landwirthschaftlich schädlichen Mücken- und Fliegenarten. Zeitschr. d. landw. Centralv. d. Prov. Sachsen 1868.

2) Zeitschr. f. d. gesammten Naturw. v. Giebel, Bd. XLVI, 1875, S. 169.

3) Bremi: Beiträge zu einer Monographie der Gallmücken. Verh. d. schweiz. naturf. Gesellsch. Zürich 1847.

de Geer: Abhandlungen zur Geschichte d. Insekten. Nürnberg 1785 (Th. VI).

Löw: Dipterologische Beiträge, IV.

Reaumur: Mem. p. servir a l'histoire des Insectes, Paris 1743.

Winnertz: Beiträge zu einer Monographie der Gallmücken. Linnaea entomologica, Bd. VIII.

beobachtet, die nothreif wurde oder ganz zu Grunde ging.[1]) Die Larve verpuppt sich in der Erde und liefert nach ungefähr 2 Wochen eine dunkelgefärbte Mücke. Die zweite Generation scheint in den Schoten anderer Kohlarten zu leben. Das Mittel, die vorzeitig sich gelb färbenden Schoten abzupflücken, ist natürlich im großen Betriebe nicht möglich. — Bryonia alba: rosettenartige Auftreibung und Umgestaltung der Zweigspitzen durch C. bryoniae Bché. — Daucus Carota: kugelförmig aufgetriebene Samen durch C. dauci. — Erica vulgaris: Wollige Zweigspitzen durch C. ericae L. D. — Glechoma hederacea: sackförmige, cylindrische, behaarte Gallen auf der Blattunterseite durch C. bursaria Br. — Leontodon Taraxacum: röthliche Blattgallen durch C. leontodontis Br. — Lotus corniculatus: eiförmige Gallenbildung der deformirten Blüthe oder zwiebelförmige Umbildung derselben durch C. loti Br. — Medicago falcata und sativa: zwiebelförmige Umbildung der Knospen in den Blattwinkeln durch C. loti De G. — Onobrychis sativa: die einzelnen Blättchen legen sich zusammen und nehmen die Form einer Hülse an durch C. onobrychides Brm. — Pisum sativum: gallenartige Erhöhungen der Hülse durch C. pisi Winn. — Pimpinella Saxifraga: zu grünen Blasen aufgetriebene Früchte durch C. pimpinellae Lw. — C. poae P. d. B. verursacht bedeutend angeschwollene Früchte bei Poa trivialis und C. graminicola Kltb. einen zottigen Gallenwulst an den obersten Halmknoten von Poa nemoralis. Unter den für uns wichtigeren Holzpflanzen leiden folgende durch Gallmücken: Bei Populus tremula beobachtete Rudow[2]) an einem jungen Stämmchen auf trocknem Boden eine grüne Knospengalle von der Größe einer Wallnuß und sehr ähnlich einem Rosenbedeguar. Die Galle enthielt einige runde Larvenkammern mit gelblichen, 1 mm langen Maden, aus denen Cecidomyia bedeguariformis Rud. hervorging. Pirus communis zeigt Zweigspitzen, deren Blätter nach innen vollständig eingerollt bleiben durch C. piri Bché. — Nach unten zusammengerollte Blättchen erzeugt au Rosen die C. rosarum Hdy. — Robinia Pseud-Acacia zeigt in Nordamerika hülsenförmig gefaltete, junge Blättchen durch C. pseudacaciae Ftch. — Sarothamnus scoparius: Birnförmige Knospengallen an den blühenden Zweigen durch C. Sarothamni Lw. Die Linde (Tilia grandiflora und parvifolia) zeigt neben Blattrollungen flaumhaarige, röhrenförmige Gallen durch Cecidomyia tiliae Lw., ferner kleine, plattgedrückte Erhöhungen von gelblicher Farbe durch Cecidomyia Frauenfeldii Klt., außerdem haselnußgroße, weiche, gelbgrüne Gallen an den Spitzen junger Wurzeltriebe. Die Gallen sind im Inneren mehrkammerig, mit gelben, 1 mm langen Larven einer noch nicht bestimmten neuen Cecidomyia. Eine andere, zu den Pilzmücken gehörige Gattung, Sciaria tilicola Lw., soll nach Rudow erbsengroße, einkammerige, weiche Gallen an jungen Lindenwurzelschößlingen erzeugen. Nach Löw jedoch rühren dieselben von einer echten Cecidomyia, jedenfalls einer Diplosis her.[3]) Die der Sciara foliorum zugeschriebenen Blattgallen an Linden stammen von Hormomyia Réaumuriana Fr. Löw. Die Gattung Sciara Meig. ist darum interessant, weil die Larven einer der bekanntesten Arten, Sciara Thomae L. mit schwarzem Körper und Flügeln, pechbraunen Beinen und guttgelbem Hinterleibe bisweilen in zahlloser Menge Wanderungen anstellen; sie kriechen dann dicht neben und selbst übereinander und stellen das Bild eines langen, schmalen Bandes am Erdboden dar (Heerwurm). Wahrscheinlich von einer Gallmücke herrührend sind auch die erbsengroßen, holzigen Lindenblattgallen, die bei der Reife ausfallen. Endlich giebt es auch noch erbsengroße, harte Gallen an den Blüthenstielen und dem

---

[1]) a. a. O, Nachträge, S. 87.

[2]) Oesterr. landw. Wochenbl. 1878, Nr. 24, S. 269.

[3]) Fr. Löw: Fälschlich für Gallenerzeuger gehaltene Dipteren. Wiener entomolog. Zeit. 1883, cit. Bot. Centralbl. 1884, Nr. 38, S. 357.

Deckblatte der Linde. Die Gallen stehen meist zu mehreren bei einander, sind einkammerig, anfangs grün, später bräunlich und enthalten eine Fliegenlarve. — Noch reicher als die Linde ist die Weide mit Mückengallen bedacht. So erleiden Salix triandra und amygdalina eine Umbildung der männlichen Blüthenkätzchen, indem die Staubfäden und Schüppchen stark angeschwollen und mit weißem Flaum bedeckt sind. Die Spitze des Kätzchens erscheint dann ganz in Wolle eingehüllt, aus welcher einzelne Staubfäden herausragen. Der Gallenerzeuger soll Cecidomyia heterobia Lw. sein; indeß dürften hier Gallmilben (Phytoptus) mehr im Spiele sein. Salix amygdalina zeigt auch rosettenförmige Blattgallen durch C. limbata Winn.; dieselbe Blattdeformation bei S. alba wird hervorgerufen durch C. iteophila Lw. und albipennis W. Salix fragilis hat bütenförmig zusammengerollte Zweigspitzenblätter durch C. terminalis Lw. S. viminalis und alba weisen Randwülste der Blätter auf, erstere durch C. limbitorquens Bché., letztere durch C. clausilia Bché. Die zapfenförmigen, meist trockenblättrigen Blattrosetten bei vielen Weiden, wie bei Salix alba, aurita, caprea u. s. w. werden durch C. rosaria Lw. verursacht. Salix purpurea zeigt zapfenförmige Blattverschrumpfungen an den Zweigspitzen im Mai durch C. rosaria (nicht durch C. strobilina Bché.). Salix alba und purpurea haben verdickte Knospen und Zweigspitzen mit gehäuften Gallen nebst Blattrollungen das ganze Jahr hindurch durch C. salicina D. G. Ueber C. salicis berichtet Rubow, daß die Mücke im Frühjahr 1875 an Salix purpurea u. A. in solcher Menge in den Weidenkulturen zu Mestunk bei Brandenburg a. d. H. erschien, daß für einige Hundert Thaler Korbweiden durch die bohnenförmigen oder wulstigen Stengelgallen an einjährigen Zweigen unbrauchbar wurden. Kleine, pustelförmige Gallen auf der Unterseite der Blätter von Salix caprea und aurita werden erzeugt durch C. capreae W.

Den Holzkörper der Weiden deformirt C. saliciperda Def., welche an Salix purpurea Gallenverdickungen unter der Rinde junger Zweige erzeugt. Ueber C. saliciperda (Tipula) berichtet Ratzeburg[1]), daß dieselbe ganz bedeutenden wirthschaftlichen Schaden zu verursachen im Stande ist. Die Larve bewohnt die kahlblättrigen Weidenarten (S. fragilis, triandra); die dazwischen stehenden andern Arten (S. pentandra und cinerea) waren nicht heimgesucht. Bei geringer Beschädigung ist nur an einzelnen Stellen die Rinde mißfarbig; bei starkem Fraß bricht die Rinde durch den gallenartig anschwellenden Holzkörper auf und hängt in langen Fetzen um das Holz. Das Holz erscheint ganz durchlöchert oder gar netzartig zerrissen (Siebold) und schwarz oder braunroth. Die Puppenhülsen ragen oft aus der Rinde hervor. Das Insekt greift die Cambiumzone an und verursacht parenchymatisches Wuchergewebe, wobei Verbreiterung der Markstrahlen in der Nähe der Larvengänge, gewundene, wimmerige Lagerung des allmählich wieder zum Normalen zurückkehrenden Holzkörpers u. s. w. auftreten.

Diese Notiz erlangt eine größere Bedeutung durch die unlängst veröffentlichten Untersuchungen von M. Kienitz[2]), der die Entstehung der für die Festigkeit und Widerstandsfähigkeit des Holzkörpers belangreichen „Markflecke" „Zellgänge", „Braunketten" ꝛc. von den Fraßgängen einer Dipterenlarve ab-

[1]) Ratzeburg: Waldverderbniß. Berlin 1868, II, S. 320.

[2]) Kienitz: Die Entstehung der Markflecke. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XIV, 21.

leitet. Die Markflecke sind Nester parenchymatischer, dickwandiger, poröser, oft dunkler gefärbter Zellen im prosenchymatischen Holzkörper. Diese im Stammquerschnitt meist länglichen, oft halbmondförmig auch zu mehreren nebeneinanderliegenden Nester erweisen sich im Tangentialschnitt als Längsgänge. Nach Kraus (Bau der Nadelhölzer) hängen sie mit den Markstrahlen zusammen und erscheinen oft nur als Anschwellungen derselben; sie verbreiten sich gangartig gern in denjenigen Theilen des Holzkörpers, die kurz über oder unter der Erde liegen und verlieren sich meist nach den Enden von Wurzel und Stamm hin. Nicht jeder Stamm ein und derselben Art besitzt Markflecke, und Birken und Erlenstämmchen, die sonst reichlich damit versehen sind, zeigten an einem bestimmten Standorte keine derartigen Bildungen. Für Salix, Sorbus und Betulaceen spricht nun Kienitz die Meinung aus, daß diese Gänge Fraßgänge einer fadenförmigen Dipterenlarve sind, welche sich wieder durch Zellen ausgefüllt haben. Die beobachtete Larve wird 2—3 cm lang, bleibt aber sehr dünn, und die sich erweiternden Gänge der nach unten im Cambium und Jungholz fortfressenden Larve erscheinen oft an der Stammbasis spitzwinklig zu zweien verbunden; dies kommt daher, daß die Larve so weit abwärts geht, oft bis in den oberen Theil der Wurzel hinein und dann umdreht, um in einem neuen, spitzwinklig sich abzweigenden Gange wieder aufwärts zu fressen. Bei Birken fanden Bode und Merclin schon in früheren Jahren diese Markflecke und Ersterer führte dieselben auch auf Insektenlarven zurück, die er beim Entrinden der Stämme beobachtete und die Ratzeburg (Waldverderbniß, Bd. II) als einer großen Mücke (Tipula suspecta) zugehörig, ansieht. Die Schließung des Fraßganges erfolgt in der Weise, daß das umgebende Zellgewebe, namentlich das der Rinde, sich bedeutend vergrößert; die Zellen runden sich ab, durchbrechen die vorliegenden, angefressenen Reste und drängen sich blasig in den Hohlraum des Ganges. Die Zellen wachsen, theilen sich durch Querwände und füllen somit den Hohlraum aus; da gleichzeitig eine vollkommene Schließung des verletzt gewesenen Cambialringes erfolgt, so werden alsbald wieder normale Holzelemente über der Wundstelle angelegt.

Daß die Zellen der Markflecke durch ihren parenchymatischen, stark porösen Bau und ihren Stärkereichthum ein leichter vergängliches Gewebe als das normale Holz darstellen, ist leicht einzusehen. Da, wo viel solcher Flecke sind, werden die Stämme viel eher Fäulnißerscheinungen zeigen und es ist daher wichtig, die Ursachen solcher Markflecke vermeiden zu lernen. Es ist nicht zu zweifeln, daß die erwähnten Larven in den beobachteten Fällen die wirkliche Ursache darstellen; es ist aber auch ganz sicher, daß in sehr vielen Fällen andere Ursachen wirksam sind.

C. salicina Schk. veranlaßt bei Salix caprea, aurita, alba, fragilis u. A. ein Anschwellen der Markröhre mit unregelmäßig geformten, holzigen Gallen, die äußerlich als Verdickung sichtbar sind.

Unter den Fliegen, die mit der unseren Graminen so schädlichen Gattung Oscinis Latr. (Chlorops Meig.) nächstverwandt sind, befindet sich in der Gattung Agromyza (A. Schineri Gir.) auch ein Weidenschädiger. Die Larve erzeugt bei Salix caprea länglich runde Anschwellungen dünner Zweige durch einkammerige, mit rauber Rinde versehene Gallen. — Die der Weide zunächst stehende Pappel hat wenig Gallmücken. Auf Populus tremula: erbsengroße, fleischige, röthliche Gallen auf Blättern und an Blattstielen durch Cecidomyia tremulae Winn. C. polymorpha Br. Die Larven der C. saliciperda durchwühlen auch die Pappelrinde derart, daß dieselbe fleckweise herausfällt. Eine häufig vorkommende Knospendeformation der Zitterpappel wurde von Rudow einer C. bedeguariformans zugeschrieben, rührt aber von Phytoptus her. — Ferner sind anzuführen auf Prunus Cerasus: verkrüppelte Triebspitzen durch Cecidomyia cerasi Löw. — Prunus domestica und spinosa: gallenartige Taschen auf der Blattmittelrippe durch C. pruni Kltb. Das Weibchen von C. (Asynapta) lugubris Winn. sticht zeitig im Frühjahr die Blattknospen der Pflaumen, Schlehen und Verwandten mit seiner Legröhre an, um ein Ei hineinzuschieben, in Folge dessen sich die Knospen in citronenförmige Gallen umwandeln. — Auf Quercus pedunculata und sessiliflora: umgeklappte Blattzipfel durch C. inflexa Br. — Rhamnus Frangula: Knospenanschwellung durch C. salicina Sch. — Rosa spinosissima und canina: die Endblättchen rollen sich taschenförmig zusammen durch C. rosae Br.; die Hagebutten werden deformirt durch eine Fliege (Trypeta alternata Meig.). Bei den Rosen sei auch der Larven von Cecid. ceomalis und coniophaga gedacht, welche sich frei auf den mit Caeoma miniatum behafteten Rosenblättern aufhalten und sich von den Pilzsporen nähren. — Rubus caesius und fruticosus: gekräuselte Blätter durch Cecidomyia plicatrix Lw., während die verwandte Gallmücke Lasioptera rubi Haeg. Verdickungen der Stengel von der Größe einer Haselnuß bis zu der eines Taubeneies hervorruft. Die gallenartigen Anschwellungen des Fruchtbodens bei der Himbeere (Rubus Idaeus) werden wahrscheinlich durch eine Trypeta verursacht. — Pirus comm. leidet von Cecidomyia piri Bché., deren Larve unter den zusammengerollten Blatträndern junger Triebe lebt und das Verdorren der Blätter hervorruft; dagegen soll nach Schmidberger C. nigra Mgn. ihre Eier auf die Staubbeutel der noch geschlossenen Blüthe legen, wobei ein Blumenblatt durchstochen wird. Die Larve bohrt sich im Fruchtknoten bis ins Kernhaus, höhlt die junge Frucht und veranlaßt deren Abfallen. Die angestochenen, kleinen Birnen erscheinen etwas gestreckter und hinter ihrer Mitte einseitig etwas eingeschnürt. — Crataegus Oxycantha hat rosettenähnliche Verkrüppelung der Triebspitzen durch C. Oxyacanthae Winn. Den weichen Stengel fand ich durch parenchymatische Fleischwarzen, die geweihartig in die Fraßgrube hineinragten, stark deformirt. Rudow sah auch diesjährige Zweige, sowie Blattstiele mit wurstförmigen, grünbraunen Gallen von 4 cm Länge und rauher Oberseite, die von einer Cecidomyia veranlaßt waren. Unter den Nadelhölzern sind Gallmücken nur bei Wachholder bekannt. C. juniperina Winn. macht knospenförmige Gallen an den Spitzen und linsenförmige Anschwellungen an den Nadeln, während Lasioptera juniperina L. zackige Umbildungen der Triebspitzen hervorruft. — Nächst der Weide dürfte die Esche am meisten von Gallmücken heimgesucht werden. C. botularia W. ruft Verdickungen der Mittelrippe hervor, C. (Diplosis) invocata W., acrophila W., pavida W. verwandeln die gipfelständigen Fiederblättchen zu schotenförmigen Gehäusen. — Bei der Buche (Fagus silvatica) erscheinen rundliche, braun behaarte Gallen auf den Blättern durch Cecid. annulipes W., (C. piligera W.) und cylindrische Gallen mit spitzem Deckel auf der Blattoberseite durch C. tornatella Br. Zwiebelförmige, rothe und gelbe, aber kahle Gallen der Blätter rühren von C. (Hormomyia) fagi Htg. her. — Bei Cornus sanguinea finden sich erbsengroße, kugelrunde Gallen mit abgestutzter Spitze auf der Unterseite der

Blätter durch C. corni Gir. — Berberis vulgaris besitzt vielkammerige, rothbraune Gallen an den Stengeln zwischen den Stacheln durch Lasioptera berberina Schrk. — Die Erle (Alnus incana) hat die Blattränder tutenförmig nach oben gerollt durch eine Gallmücke. — Die Roßkastanie (Aesculus Hippocastanum) zeigt an der Unterseite der Blätter gesellige, linsenförmige Gallen durch C. griseicollis M. — Auf Acer platanoides finden sich auf der Oberseite der Blätter hornförmige, 2 mm lange, an der Basis grüne, an der Spitze rothe Gallen zu mehreren beieinander; dieselben werden durch eine noch unbestimmte Art von Cecidomyia hervorgerufen. Viburnum Lantana hat blasenförmige Gallen, erzeugt durch Cecidomyia Réaumuri, die meistentheils nur auf 2 gegenüberstehenden Blättern zu finden sind.

Anhangsweise sei nochmals der den Stachelbeerfrüchten gefährlichen Cecidomyia gedacht.[1]) Thomas fand zu einer Zeit, in welcher die normalen Früchte noch klein waren, deformirte, große, gelbgrüne oder röthliche Gebilde, bei denen Kelch, Blumenkrone und Staubgefäße hypertrophirt waren; es wird namentlich die Wand des röhrenförmigen Kelches dickfleischig und gelbröthlich, so daß keulige oder taschenartige Formen entstehen. Die im Innern der Gebilde einzeln oder zu mehreren sich aufhaltenden, orangegelben Larven, die sehr gut zu springen vermögen, erreichen eine Größe von 3 mm. Mitte Juni waren die mißbildeten Blüthen bereits abgefallen. Da bisweilen 70—80 % der gesammten Blüthen eines Stockes in der angegebenen Weise unfruchtbar werden, so ist diese Gallmückenlarve ein sehr beachtenswerther Feind, der durch Absuchen der Mißbildungen vor ihrem Abfallen, also im Mai, bekämpft werden muß. Die befallenen Früchte sind am besten in kochendes Wasser zu schütten. Die von P. Löw und Bergenstamm in den Verh. d. zool. bot. Gesellsch. XXVI, Wien 1876, gegebene Synopsis Cecidomyidarum erwähnt einer in Amerika an den Früchten von Ribes Uva crispa L. vorkommenden Deformation durch Cecidomyia Grossulariae Fitsch; es ist wahrscheinlich, daß der europäische und amerikanische Feind identisch sind.

e) Orthoptera (Geradflügler).

Obgleich die Ordnung der Gradflügler keine eigentlichen Gallenerzeuger enthält, so bedarf sie doch einer Erwähnung wegen einer als Pflanzenfeind weit verbreiteten Gattung. Wir übergehen die hierher gehörigen Werren, die Heuschrecken und Ohrwürmer und wenden uns bald zu der Gattung Thrips, Blasenfuß. Besonders verderblich wegen seiner großen Ausbreitung ist die sog. „schwarze Fliege“, Thrips (Heliothrips) haemorrhoidalis, ein im vollkommenen Zustande schwarzbraunes, mit blaßgelben Beinen und Fühlern und rothbrauner Hinterleibsspitze versehenes, geflügeltes Thierchen von ungefähr 1 mm Länge. Da es in den Warmhäusern und Zimmern auf den Pflanzen sich aufhält (im Freien ist es in der warmen Jahreszeit oft in den Blüthen zu finden), so ist eine Ruheperiode in seiner Vermehrung wohl kaum zu erwarten und das Thier das ganze Jahr hindurch anzutreffen; es saugt die Pflanzen auf der Blattunterseite meist des Nachts an, legt auch dort und zwar besonders gern an der Mittelrippe, seine länglichen Eier einzeln ab. Nach un-

[1]) Giebel's Zeitschr. f. d. ges. Naturwiss. Bd. 49, 1877, Heft 1/2.

gefähr 1—$1^1/_2$ Wochen entschlüpft die anfangs grünlich-gelbe, rothäugige Larve, welche in ebenso großen Zwischenräumen vier Häutungen durchmacht. Nach der dritten Häutung erscheinen die Flügelansätze, welche aber noch sammt allen übrigen Körpertheilen von einer dünnen Haut überzogen sind, wodurch dem Thiere die sonst so lebhaften Bewegungen bedeutend verlangsamt werden; es ist dies gleichsam ein Puppenzustand, in welchem die Larve keine Nahrung zu sich nimmt. Die Haut wird nach 8—10 Tagen abgestreift und das vollkommene Insekt tritt zu Tage, wird nach 6—8 Tagen geschlechtsreif und giebt alsbald neuen Generationen das Leben. Das Saugen der Thiere unterscheidet sich aber, ähnlich dem der Blattläuse dadurch, daß es hier durch Borsten stattfindet, welche die Thripse statt der kauenden Kinnbacken der andern Glieder dieser Ordnung haben. Bei den Blattläusen aber wird der Schnabel in das weiche Pflanzengewebe durch die Oberhaut hindurch gebohrt, während die Thripse erst die Oberhaut fortnehmen. Dadurch vertrocknet auch das Blattfleisch an den Saugstellen leichter, wobei die Blätter im Ganzen eine weißliche oder gelbliche Färbung annehmen, bei Orchideen auch schwarzfleckig werden und vorzeitig abfallen. Es können alle Warmhauspflanzen und Kalthausgewächse, ja auch selbst bei uns im Freien lebende Arten vielfach vom Thrips heimgesucht werden. Allerdings sind es verschiedene Arten und unter diesen erscheinen besonders erwähnenswerth: der Dracänenblasenfuß, Heliothrips Dracaenae, und Thrips Kollari auf Ficus- und Begonia-Arten außer dem oben erwähnten Th. haemorrhoidalis, der auf Palmen, Rubiaceen, Araliaceen und ganz besonders oft auf Azalea indica angetroffen wird.

Es will mir scheinen, daß die Pflanzen dann ganz besonders von der schwarzen Fliege heimgesucht werden, wenn sie zu warm und trocken stehen; jedenfalls sah ich gute Erfolge, wenn die heimgesuchten Pflanzen nach dem Abwaschen der Blätter mit schwacher, vorher zu erprobender Seifenlauge ins Freie gestellt und dort den Sommer über belassen wurden. Gegen den bei uns an Linden, Hollunder, Rosen, Bohnen u. a. Pflanzen vorkommenden, in Rindenrissen und unter Laub überwinternden Hollunder-Blasenfuß (Thr. sambuci) ist oftmaliges Bespritzen der Pflanzen zu empfehlen. Thrips cerealium Hal., der Getreideblasenfuß, von röthlich brauner Farbe, lebt in den Blüthen der Gräser von unsern Getreidearten; besonders am Weizen und Roggen verursacht er durch sein Ansaugen ein Verkümmern der Fruchtknoten.

f) Hemiptera (Halbflügler).

Die durch ihre schnabelartigen, zum Saugen eingerichteten Mundtheile ausgezeichneten Halbflügler, welche entweder gar keine oder 4 meist gleichartige Flügel besitzen, bieten reiches Material an Gallenerzeugern. Es gehören hierher die Schild- und Blattläuse, die Blattflöhe, Cicaden und Wanzen.

Coccina (Schildläuse).

Verhältnißmäßig wenig Gallenbildungen sind bei den Schildläusen bisher beschrieben worden; indeß dürfte eine spätere Forschung bei allen Arten gallenartige Wucheranfänge wenigstens constatiren und zwar sowohl bei denen, deren Schild durch Hautausschwitzung (Aspidiotus), als auch bei solchen, deren Schild durch die seitlich scharf gerandete Haut selbst gebildet wird und die durch das blasenartige spätere Auftreiben der schildartigen Körperhaut ein gallenförmiges Ansehen bekommen (Lecanium), als auch endlich bei den schildlosen, nur bereiften, asselförmigen Schildläusen (Coccus). Die langen, vom Kopf tief in den Körper hinein zunächst sich schlingenartig fortsetzenden und dann zum Kopf heraustretenden 4 Mundborsten der Thiere gestatten ein so weites Eindringen in den jungen Zweig, daß zu vermuthen steht, es werde die Cambialregion häufiger getroffen, als man bis jetzt anzunehmen geneigt ist. Wenn dies aber der Fall, wäre es wunderbar, wenn das junge Gewebe nicht auf den Reiz durch Wucherung reagiren sollte; nur ist wahrscheinlich, daß das gallenartige Wuchergewebe an den Saugstellen geringe Dimensionen erreicht und deshalb bisher übersehen worden ist.

Wir werden zu dieser Anschauung durch die neueren Untersuchungen von R. Göthe[1]) über Coccus mali Schrk. und Coccus conchaeformis geführt. Die Erstere erhält dadurch eine besondere Bedeutung, daß der Verf. die Verletzungen, welche durch das Thier hervorgerufen werden, in gewissen Fällen für eine entferntere Ursache des Krebses anzusehen geneigt ist. Ihm fiel bei Untersuchungen der krebskranken Zweige auf, daß diese Schildlaus sich in vielen Fällen in der unmittelbaren Nähe eines Seitenzweiges befindet und die Krebswunden meistens in ihrer Mitte ein abgestorbenes Zweigchen aufweisen. Die dunkelchocoladenfarbigen oder schmutzigbraunen, bis 5 mm langen, 4 mm breiten und 2—3 mm hohen Schildläuse, suchen sich vorzugsweise krebskranke Bäume aus; ihr Stich ruft zwar keine bedeutenden Anschwellungen hervor, aber es bildet sich doch während des Sommers „in der inneren Rinde eine dunkelgrün aussehende Anhäufung von Parenchymzellen, welche sich bei geringerer Breitenausdehnung oberhalb und unterhalb des Stiches bis auf je 10 mm und darüber erstreckt. Wenn dann im Herbst das Mutterthier abstirbt, wird die genannte Anhäufung braun und steckt dabei öfters noch benachbarte, gesunde Zellpartbien an ....“ Bei manchen Zweigen kann man wahrnehmen, wie sich eine Anschwellung um die ganze Basis eines Triebes gebildet und mit ihrem Absterben später auch das Aestchen selbst in Mitleidenschaft gezogen hat. Bei angestochenen Fruchtzweigen findet eine weit stärkere Bräunung statt, als bei Holzzweigen. An der Wundstelle wird der Zweig eine größere Empfindlichkeit gegen Frostschäden erhalten.

---

[1]) R. Göthe in Grafenburg bei Brumath im Elsaß: Mittheilungen über den Krebs der Apfelbäume. Berlin und Leipzig, Hugo Voigt, 1877, S. 23 ff.

Ob er dadurch zu Krebswucherungen angeregt wird, ist eine Frage, die wir verneinen möchten. Nicht jede Frostbeschädigung ruft Krebsgeschwülste hervor, und wenn der Baum nicht zu einer Varietät gehört, die zu Krebs geneigt ist oder in einer zu Krebs disponirenden Lage sich befindet, so wird die Schildlausverwundung ohne die charakteristischen Krebswucherungen bleiben. Daß diese, sowie die folgende Schildlaus sehr gern die Wundränder der Krebsstellen aufsucht, erklärt sich aus dem lockeren Baue dieser Ueberwallungsränder. Daß aber die Thiere bei übergroßer Vermehrung durch ihre Verletzungen allein einen Baum tödten können, ist kaum zu bezweifeln. Die Gelegenheit zu reicher Vermehrung ist sicherlich in den meisten Fällen vorhanden, wenn man bedenkt, daß jedes, dem Zweige anhaftende Schild ein Weibchen repräsentirt und daß, wenn wir im Herbst die mit weißer Masse ziemlich fest angekitteten Schilder abheben, wir nach Göthe, unter manchem bis 500 ovaler, röthlich gelber Eier finden. Anfang Mai kriechen die schmutzig gelbbraunen, mit 2 Schwanzborsten versehenen, sich bald sehr lebendig bewegenden, von oben nach unten stark zusammengedrückten Jungen aus und suchen einen passenden Ernährungsheerd. Derselbe besteht aber auffallenderweise zunächst aus den jungen, noch nicht vollkommen ausgebildeten Blättchen. Die Blätter krümmen sich leicht unter der Wirkung der Stiche. Göthe giebt die Abbildung eines Querschnittes durch ein angestochenes Blatt; man sieht den Rüssel bis nahe an die Blattunterseite reichen und dort das Gewebe gerüstartig gelockert, ähnlich den Auftreibungen durch Phytoptus. Bis Ende Juni hat eine Verwandlung stattgefunden; man erkennt jetzt zwei verschiedene Formen: erstens die vergrößerten seitherigen Formen, auf deren Schild breite gelbe Bänder mit dunklen, rothbraunen abwechseln und über dem Schild ausgebreitet einen feinen, durchsichtigen Schleier, der ringsum ein wenig übersteht und wohl der Ueberrest des abgestreiften alten Kleides ist; zweitens findet man eine Puppe, die in einen weißen durchsichtigen Ueberzug gehüllt ist. Die erste Form, das Weibchen, verläßt alsbald die Blätter und saugt sich meist in der Nähe eines Seitentriebes am vorjährigen Zweige fest. Ist die Rinde noch glatt und weich, findet man die Läuse auch noch auf drei- bis fünfjährigem Holze. Aus der zweiten Form kriechen die dunkelrothbraunen, geflügelten Männchen aus, welche keinen Saugrüssel besitzen und nach dem Befruchtungsakte, wie es scheint, bald sterben. Nach der Begattung schwillt das Weibchen allmählich unförmlich auf und stirbt nach der Eierablage. —

Auch der bekannte Miesmuschel-Schildträger (Coccus conchaeformis Gmel.), der an kranken Bäumen so überaus häufig in manchen Oertlichkeiten anzutreffen ist, sucht die weichen Zweigtheile, wie die Augengegend und das Fruchtholz mit Vorliebe auf und bohrt seinen Schnabel tief in das parenchymatische Rindengewebe ein. „Rings um den Stich bräunen sich die Zellen, sagt Göthe, gegen den Herbst hin in ziemlicher Ausdehnung; eine Korkschicht lokalisirt jedoch

den Schaden, so daß man bei dem Abschneiden des Periderms nur braune Stiche wahrnimmt, welche theils die Richtung der Markstrahlen haben, theils in der Rinde auf- und abwärts verlaufend, sich manchmal in sehr großer Menge nebeneinander befinden." Acarus telarius L., die gewöhnliche Milbenspinne, soll übrigens ein bedeutsamer Feind der beiden Schildläuse sein, deren Eier sie ausfrißt. —

Unter den eigentlichen Schildläusen befinden sich die Cochenille-Lieferanten, unter denen in erster Linie Coccus cacti L., die echte Cochenille, zu nennen ist; dieselbe lebt bekanntlich auf Opuntia und liefert Carminlack u. s. w. — Coccus lacca Kerr., die Gummilack-Schildlaus, auf Ficus religiosa, indica und anderen verursacht die Bildung von Schellack. — Coccus (Porphyrophora) polonica L., die deutsche Cochenille oder das Johannisblut an Wurzeln von Scleranthus, Herniaria, Hieracium Pilosella etc. wurde früher in Deutschland, Polen und Rußland zum Scharlachfärben benutzt. — Die weißen Schilder an Rosen rühren von Aspidiotus rosae Bché. her. — Aspid. Nerii ist die bekannte Oleanderschildlaus. — Die Kermes oder Scharlachbeeren, welche carmoisinroth färben, sind Coccus (Lecanium) Ilicis L. an den Zweigen der südeuropäischen Quercus coccifera. — Lecanium racemosum Ratz. an den Astquirlen und Nadelbasen der Fichten ist schon in solcher Menge beobachtet worden, daß die Bäume abstarben. — Hierher gehören ferner Lecanium hesperidum L., die Orangenschildlaus und L. persicae Schrk. besonders in den Astwinkeln der Pfirsichen. — Den Stichen der Mannaschildlaus, Coccus manniparus Ehrb. auf Tamarix mannifera, wird die Bildung des Sinai-Manna zugeschrieben.

Aphidina (Eigentliche Blattläuse).

Den durch ihre ungeflügelten Weibchen ausgezeichneten Schildläusen in vielen Beziehungen ähnlich ist die Gattung Chermes L., deren zweite, im Nachsommer entstehende Brut auch nur flügellose Individuen besitzen soll. Ch. viridis Rtz., die gelbgrüne Fichtenrindenlaus, erzeugt zapfenähnliche, grün und roth beschuppte Auswüchse am Grunde der Zweige junger Fichten. In der nebenstehenden, aus Leunis' Synopsis entlehnten Figur (Fig. 48) erkennt man deutlich, daß der an die Ananas erinnernde Bau der Galle durch fleischige Anschwellung der Nadelbasen unserer gewöhnlichen Fichte entstanden ist. Die schuppenartig verbreiterten Theile der Nadeln schließen die Larven ein. Die Deformation der Nadeln beginnt nach Frank, dem wir eine eingehende Entwicklungsgeschichte der Galle verdanken (die Krankheiten der Pflanzen, S. 718), schon in der Knospe im ersten Frühjahr, wo sich das Mutterthier auf der Basis der untersten Knospenschuppen ansaugt und ihre Eier haufenweise neben sich ablegt. — Die rothe Ch. coccineus Rtz. (abietis L.) verursacht erdbeerähnliche, weiße Auswüchse an der Spitze der Zweige junger Fichten durch Anstechen der Nadelbasis. Bei dieser Galle macht Th. Hartig[1]) auf die Schutzvorrichtung aufmerksam, welche im Bau der Galle begründet ist. Die Blatt-

[1]) Th. Hartig: Anatomie und Physiologie der Holzpflanzen. Berlin 1878, Springer, S. 390.

laus legt ihre Eier in Trauben vereinigt im Herbst an die Endknospen der Fichten. Wenn im Frühjahr die Knospen treiben, schlüpfen die Eier aus und die jungen Läuse vertheilen sich auf die jungen Nadeln der frischen Triebe derart, daß auf jede Nadel nur ein Thier kommt. Dasselbe saugt sich ungefähr 1 mm über der Blattbasis fest; dadurch bildet sich eine Anschwellung an der Saugstelle. Die Vereinigung dieser Anschwellungen bildet den erdbeerartigen Gallenkörper, der an den jungen Fichten so ungemein häufig angetroffen wird. In den offenbleibenden Kammern zwischen den Nadelanschwellungen und dem jungen Achsencylinder bildet jede Blattlaus lebendig gebärend ungestört ihre 6—8 Generationen, bis im Herbst wieder begattungsfähige, geflügelte Männchen und Weibchen geboren werden, welche die durch Austrocknen sich öffnenden Zellen verlassen, um sich im Freien zu begatten und Eier für das nächste Jahr abzulegen. — Ch. laricis Htg., eine schmutziggrüne oder braune, mit weißer Wolle bedeckte Laus saugt die Lärchennadeln in der Mitte an, so daß diese sich knieförmig beugen. Von Chermes fagi, die durch ihre wachsartigen Ausscheidungen wie mit weißer Wolle bedeckt erscheint und daher den Namen Buchenwolllaus erhalten hat, berichtet R. Hartig[1]), daß dieselbe eine pockenartige Galle im äußeren Rindenzellgewebe erzeugt. Durch den rückwärts sich fortpflanzenden Reiz wird allmählich das Gewebe vielfach bis auf den Holzkörper irritirt, wodurch die Galle sich vergrößert, die Rinde aufplatzt und krebsartige Stellen bis zur Größe eines Markstückes sich bilden. Es kann dadurch ein Vertrocknen der Gipfeltriebe eintreten, wie Hartig an jungen (bis 30jährigen) Buchenstämmen beobachtet hat. Wenn die Laus in großen, geschlossenen Kolonien an alten Stämmen sich ansiedelt, kann ein Vertrocknen der Rinde stattfinden. Derselbe Beobachter beschreibt eine andere krebsartige Erscheinung, welche an der Buche durch Lachnus exsiccator Alt. hervorgebracht wird. Das Thier sitzt in großen Familien auf der Unterseite

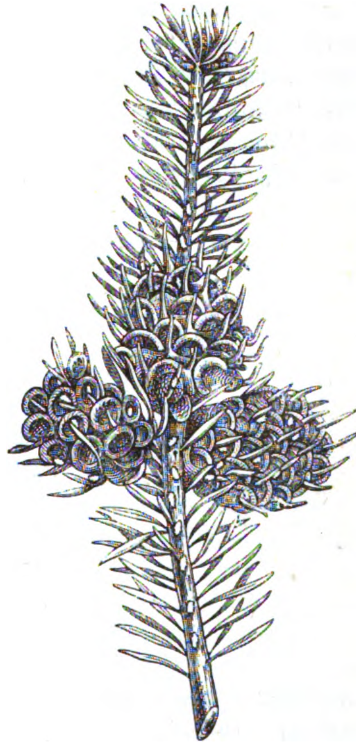


Fig. 48.

---

[1]) R. Hartig: Die krebsartigen Krankheiten der Rothbuche. Bericht der Naturforscher-Vers. zu München, cit. Bot. Jahresb. 1878, I, S. 158.

der Zweige und an der Nordseite junger Stämme, die es durch Einsenken seines Schnabels bis auf die Cambiumzone zur massenhaften Bildung kleiner, nur 2—3 mm dicker Gallen reizt. Diese Gallen bedecken oft Flächen von mehreren Dezimetern und veranlassen das Aufplatzen des Periderms und der äußeren Rindenschichten in einem Längsriß. Die Rindenstelle schwärzt sich bis zum nächsten Jahre und nicht selten stirbt ein Zweig ab; stärkere Zweige heilen, falls nicht die Gallenbildung sich wiederholt, durch Ueberwallung.

Wegen ihrer Häufigkeit und des dadurch hervorgerufenen, veränderten Aussehens der Bäume sind die Blattlausgallen an den Rüstern erwähnenswerth. Diese Gallen und ihre Erzeuger haben in neuerer Zeit eine eingehende Bearbeitung durch Keßler[1]) erfahren. Auf unserer Feldrüster allein sind 4 verschiedene Arten von Blattläusen aus den beiden sehr nahe verwandten Geschlechtern Tetraneura und Schizoneura als Gallenerzeuger zu finden. Tetraneura ulmi (Fig. 49) erzeugt die meist schief keulenförmigen, bisweilen fast gestielt aussehenden, bohnengroßen, meist kahlen, fleischigen, rothfarbigen Beutel auf den Blattoberseiten; der durch eine weißliche Haarbekleidung kenntliche Galleneingang befindet sich auf der Blattunterseite. Bei der geringen Flugweite der Thiere siedeln sich fast immer große Kolonien dicht bei einander an und man findet in Folge dessen nicht nur meist zahlreiche Gallen auf dem einzelnen Blatte, sondern auch oft fast alle Blätter eines Baumes mit diesen perlenartigen Auswüchsen bedeckt. Dieselben entstehen schon in der Jugend des Blattes durch Theilung der Mesophyllzellen zu einem fast gleichmäßigen, chlorophyllarmen, meist mit rothem Zellsaft versehenen Gewebe und oft so dicht neben einander, daß nur ein kleiner Zwischenraum zwischen den einzelnen Beutelgallen bleibt. Der geringe, zwischen 2 Gallen liegende Blatttheil ist dann auch bleich und verdickt und das ganze Blatt erscheint dadurch gekrümmt und von knorpeliger Beschaffenheit. Keßler beobachtete, daß schon zu der Zeit im ersten Frühling, wenn die Knospen im Anschwellen begriffen sind, man an den Zweigen von Ulmus campestris 1 mm große, glänzend schwarze, längliche, hinten etwas breitere und fast abgestutzte Läuse ohne Flügel in der Nähe der Knospen findet. Kaum ist der Rand des ersten Blättchens über die Knospenschuppen hervorgeschoben, so ist die grüne Stelle auch von einer Laus besiedelt;

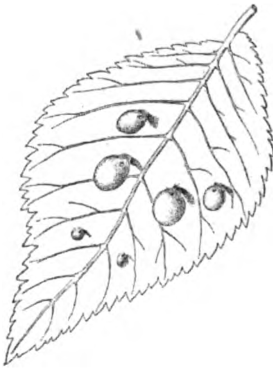


Fig. 49.

[1]) Keßler: Die Lebensgeschichte der auf Ulmus campestris L. vorkommenden Aphiden-Arten ꝛc. Cassel, Kay. 1878. II. Neue Beobachtungen und Entdeckungen auf den an Ulmus camp. L. vorkommenden Aphiden-Arten, cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 627.

in den folgenden Tagen werden auch die späteren Blättchen bezogen, indem die Thiere sich in die Falten der Blättchen eindrängen. In den durch ihr Saugen erzeugten Gallen häuten sich die Thiere 4mal innerhalb 14 Tage. Die erste von den vier abgestreiften Häuten, welche in dem unteren Theile der Galle zu finden sind, ist schwarz; von den drei nachfolgenden Häuten ist dagegen der Rumpftheil weiß und nur Kopf, Fühler und Beine sind schwarz. Das Thier selbst sieht nach der ersten Häutung weißlich-grün, nach der zweiten rein grün aus und dunkelt nun immer mehr nach, so daß es nach der vierten Häutung graugrün aussieht. Dabei wird das fast ebenso breite als dicke und daher beinahe kugelig erscheinende Thier bis 2 mm groß und sein Hinterleib bedeckt sich mit kurzem Wachsflaum, dessen Anfänge man zuerst an den deutlich markirten Grenzlinien der Leibesringe in Form weißer Pünktchen erkennt. Bald nach der vierten Häutung bringt das Thier Junge hervor, deren Zahl bei guter Ernährung durch die Galle bis auf 40 steigen kann; nach einer derartigen, etwa 14tägigen Thätigkeit schrumpft der Hinterleib des Thieres zusammen und die Stammmutter stirbt. Bei der Geburt sah zunächst Keßler ein ellipsoidisches, ganz glattes Körperchen sich von der Mutter lösen; in demselben waren nach einigen Minuten Fühler und Beine des neuen Thieres sichtbar, das durch eine drehende Bewegung die Embryohaut abstreifte. Man sieht also, wie nahe hier das Lebendiggebären (Viviparität) und die Eizeugung (Oviparität) mit einander verwandt sind.

Nun häuten sich die jungen Thiere ebenfalls in kurzer Zeit zu mehreren Malen und dabei wird ihr Wachsflaum immer länger, bis die Haare die Länge des ganzen Körpers erreichen; allmählich erscheinen nach einer Anzahl von Häutungen die ersten Anfänge der Flügel im Puppenzustande und schließlich erscheint jedes Thier in der Galle geflügelt; es ist dann 2 mm lang und ganz schwarz, bis auf den gewölbten Hinterleib, der etwas in's Olivenfarbige spielt. Diese geflügelten Individuen verlassen ihrem Alter nach allmählich die Galle durch eine an ihrer Basis entstehende Oeffnung und bringen meist schon nach wenigen Stunden wieder neue, ungeflügelte, etwa 1 mm große, graubraune Junge in verhältnißmäßig geringer Anzahl (8—10). Der ganze, geschilderte Entwicklungscyclus vollzieht sich in 2 Monaten, so daß Ende Juni ungefähr die geflügelten Thiere die Galle verlassen.

Es ist nun eine noch offene Frage, wo die Thiere im Freien abgesetzt werden? Keßler vermuthet, daß die Jungen der ersten geflügelten Generation im August als geflügelte Individuen nach den Ulmen zurückkehren. Bei andern Läusen, z. B. bei den verschiedene Eichen bewohnenden Phylloxera-Arten, geben andere Forscher (Lichtenstein, Courchet) an, daß diese geflügelte Generation nothwendigerweise auf andere Pflanzen übergehen müßte und deshalb nennen sie dieselbe die „Wandergeneration“, „ailés émigrants“.

Nach den Beobachtungen von Keßler geht nun aus diesen geschlechts-

losen, geflügelten Thieren eine ungeflügelte Geschlechtsgeneration hervor, indem diese geflügelten Individuen nun in bestimmter Zahl männliche und weibliche Thiere erzeugen, die nur zur Begattung bestimmt sind, da sie gar keinen Schnabel zur Nahrungsaufnahme besitzen. Diese Geschlechtsthiere begatten sich am zweiten Tage und sterben 2—3 Tage später ab. Das befruchtete Weibchen produzirt ein Ei, nachdem es sich in einen Rindenriß verkrochen hat; der todte, vertrocknete Körper bleibt als Hülle über dem lebensfähigen Ei. Aus diesem, in den Furchen der Rinde überwinternden Ei kommen die Stammmütter (mères fondatrices der französischen Forscher), die wir anfangs erwähnt haben.



Fig. 50.

Eine ganz ähnliche Entwicklung hat auch Tetraneura alba Ratzb., (Fig. 50) die gleichzeitig mit der vorigen auftritt, aber nur eine beutelförmige, bis 1,5 cm große, unregelmäßige, auf der Mittelrippe mit breiter Basis aufsitzende, behaarte Galle auf der Ulme erzeugt. Das Aufspringen der Galle erfolgt in großen Spalten. Keßler betrachtet diese Blattlaus als identisch mit Schizoneura compressa Koch, während Courchet[1]) eine Colopha compressa Koch als besondere Art mit bestimmter Gallenform unterscheidet; die Galle bildet einen seitlich zusammengedrückten, bis 2 cm hohen, kammartigen Beutel, die oft zu mehreren hintereinander der Mittelrippe aufsitzen. Eine weitere Gallenbildung besteht in einer Rollung des Blattrandes nach innen; die gerollte Blattfläche ist hellgelb, blasig schwielig und fleischiger, als der normale Theil. Das veranlassende Thier ist Schizoneura ulmi L. (Fig. 51), während Sch. lanuginosa Hrtg. (Fig. 52) als Urheberin der größten Galle an Ulmenblättern anzusehen ist. In der Regel bemerkt man die später als die andern auftretende Galle erst, wenn sie schon halberwachsen ist, dadurch, daß ein Blatt an der Spitze eines Zweiges nach der Unterseite hin umgebogen ist. Neben der Basis dieses Blattes findet sich dann bereits eine etwa erbsengroße, weißwollige Anschwellung, in welcher das schwarze, kaum 1 mm große Thier sitzt.



Fig. 51.

---

[1]) Courchet: Etudes sur les galles produites par les Aphidiens. Montpellier 1879, cit. Bot. Centralbl. 1880, S. 135.

Diese Anschwellung wird (wie die übrigen Gallen) durch intercalares Wachsthum zu einem großen, 4—5 cm Durchmesser haltenden, blasenförmigen, relativ dünnwandigen Beutel mit wolliger Oberfläche und graugelber Färbung. Der Größe der Galle entsprechend wächst auch das Thier, welches bis 4 mm Länge erreichen kann. Ein einziger Beutel kann 100 — 200 Thiere enthalten, deren Entwicklungsgang mit dem geschilderten im Wesentlichen übereinstimmend ist.

Es ist erklärlich, daß bei so enormer Gewebewucherung, die im jugendlichen Alter des Blattes beginnt, nicht viel zur weiteren Entwicklung desselben an Nährmaterial übrig bleibt. Darum findet man entweder nur eine ganz kleine Blattfläche an der Basis der schlauchartigen, unregelmäßig vorgewölbten Galle oder gar keinen bemerkbaren Rest. Oft ist der Blattstiel selbst noch in die Gallenbildung hineingezogen und bisweilen sogar das Zweigglied verdickt, behaart und verkürzt. Manchmal sitzen mehrere derartige Beutel, deren jeder einem Blatte entspricht, dicht an der Zweigspitze.

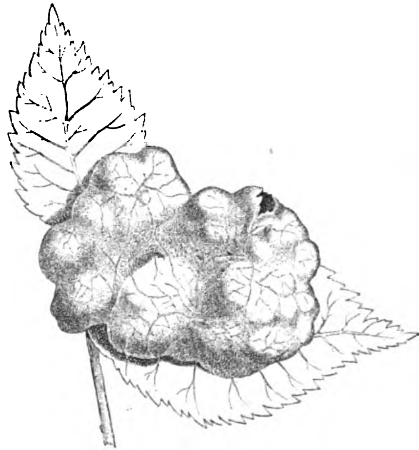


Fig. 52.

Von Courchet wird außerdem noch die Gattung Pemphigus als Gallenerzeuger auf der Ulme angeführt. Die Gattung Pemphigus entwickelt den größten Gallenreichthum auf den Pappeln und Pistacien. Von der Schwarzpappel allein beschreibt Courchet 6 Gallen, unter denen 5 durch Pemphigus veranlaßt sind. Die häufigste dürfte die von P. spirothecae Pass. sein, die in einer spiraligen Aufrollung des hypertrophirenden Blattstiels besteht. P. populi Courch. verursacht eine der Basis der Mittelrippe aufsitzende, der Oberseite des Blattes zugewandte, sackartige Erweiterung von unregelmäßig rundlicher, bisweilen gelappter Gestalt. Der spaltenförmige Galleneingang liegt auf der Blattunterseite; die reife Galle öffnet sich durch unregelmäßige Risse in der gelben Gallenwandung. Aus den Terminalknospen der Zweige entwickeln sich nach Passerini blasige, unregelmäßig knollig-lappige bis kammartige Gallen durch P. vesicarius Pass.; P. bursarius L. dagegen bildet seitliche, unregelmäßig kugelige Auswüchse an jungen Zweigen. Die Galle ist nach Courchet's Untersuchungen eine Wucherung des Rindenparenchyms, durch welche das saugende Insekt allmählich umwachsen wird. Es differenzirt sich um die Angriffsstelle, wie bei andern Achsengallen ein Meristem, aus dem die Dauergewebeformen hervorgehen. Gefäße sind in reichlicher Verzweigung enthalten; das sammetartige Ansehn der Innenfläche der Galle wird durch papillöses Auswachsen der peripherischen Zellen hervorgebracht. An den Blattstielen erzeugt dieselbe Laus kleine, niedrige, hohle Pyramiden. Eine einfache Zusammenfaltung der Blattflächen verursacht P. affinis Kalt. Eine andere Blattgalle wird durch Pachypappa marsupialis Koch hervorgerufen; sie besteht in einer länglichen Aussackung der Mittelrippe, deren Wöl-

bung nach der Oberseite gerichtet ist, während sich die Galle auf der Blattunterseite als langer Spalt zeigt.

Von den Pistaciengallen sind 5 durch Pemphigus verursachte Blattwucherungen auf Pistacia Terebinthus bekannt; die auffälligste ist die durch P. cornicularius Pass. veranlaßte, welche ein hornförmiges, bis 15 cm langes, bisweilen schraubig gekrümmtes Gebilde an der Spitze der Zweige darstellt. Auch diese Galle ist ein Blattprodukt, das aus den jungen Anlagen im ersten Frühling durch die in die Knospen schon eindringenden Läuse hervorgebracht wird.

Bemerkenswerth für die vorkommende Verschiedenheit in der Entwicklung der Blattläuse ist die Beobachtung Courchet's, daß alle Aphiden der Pistaciengallen einen zweijährigen Cyclus durchlaufen. Aus dem in Rindenrissen verborgenen Ei kommen im Frühjahr die Stammmütter (fondateurs); diese erzeugen in einer Galle parthenogenetisch flügellose Individuen, aus denen schließlich eine Generation mit Flügeln hervorgeht (geflügelte Wander- oder Herbstgeneration, ailés emigrants); diese produziren wieder flügellose ungeschlechtliche Thiere, aus denen vivipar Folgegenerationen (générations vivipares) sich entwickeln. Was aus diesen wird, ist unbekannt. Im Frühling des folgenden Jahres ist eine geflügelte Generation da (ailés de printemps Derb. pupiferes Licht.). Ihr entsprossen ungeflügelte, schnabellose, geschlechtlich differenzirte Thiere (sexués), von denen jedes Weibchen ein Ei unter der Rinde niederlegt.

Nach Hartig sollen die gedrehten, monströsen Stengelgebilde oder Blattstielgallen der Esche durch Pemphigus fraxini Htg., P. bumelia Schrk. hervorgerufen werden und die linsenförmigen Blattgallen an Lonicera Xylosteum durch P. lonicerae Htg. entstehen. Von der Gattung Schizoneura ist noch Sch. corni Htg. wegen ihrer Gallen auf den Rippen der Unterseite von Cornus sanguinea zu erwähnen; Sch. costata Htg. erzeugt nach Rudow gallenartige Anschwellungen der Nadeln der Weißtanne (Pinus Picea L.)

Die Blutlaus.

(Hierzu Taf. XVII.)

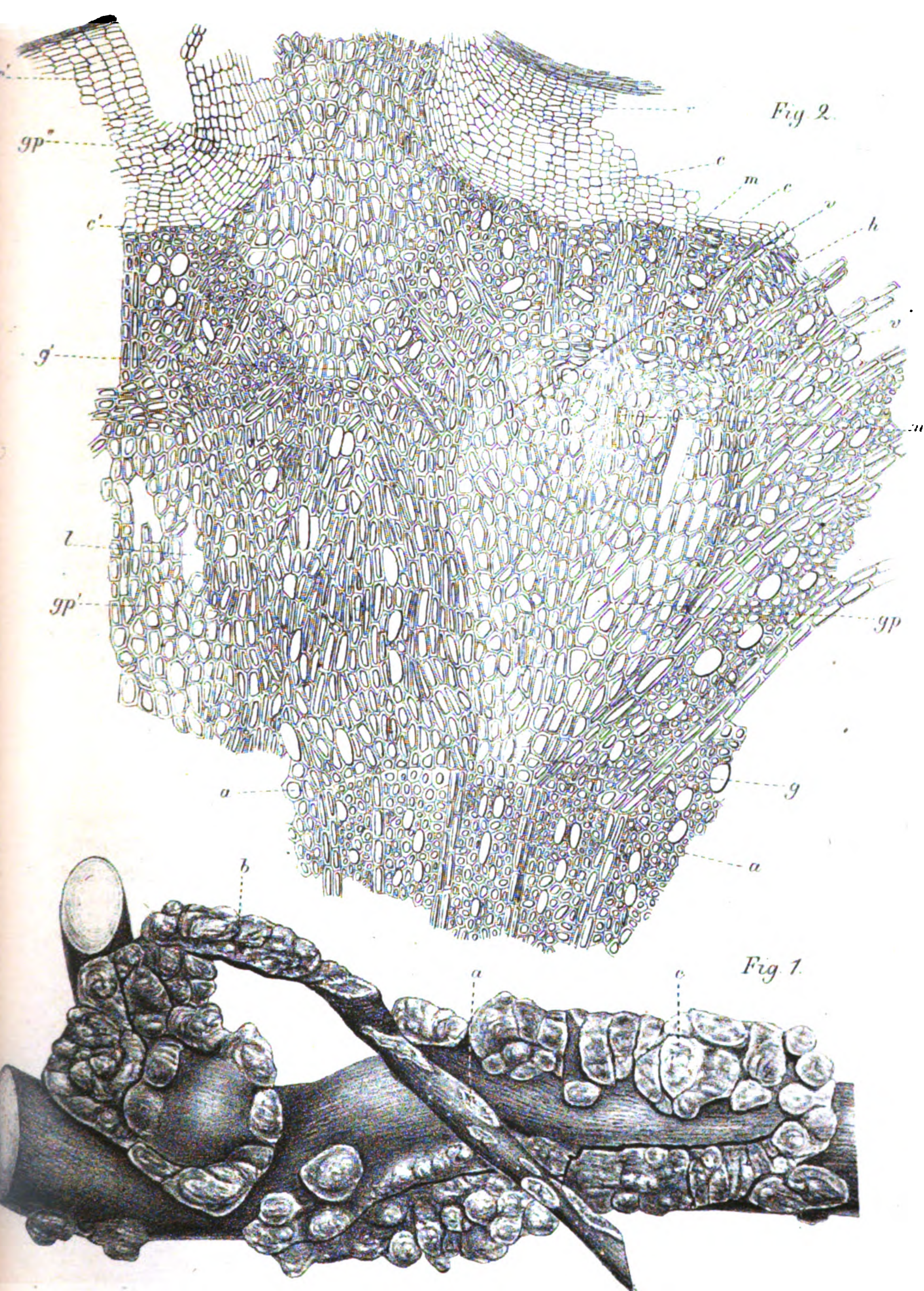
Die verderblichste Art ist Schizoneura lanigera Htg. (Aphis lanigera Hausm.), die Blutlaus[1]) der Apfelbäume, welche durch ihre Gallen junge Baumschulstämme zu ruiniren im Stande ist und welche, wie Göthe berichtet, erst seit wenigen Jahrzehnten aus Amerika zu uns gekommen ist.

Da es für die Praxis wichtig ist, das Thier von andern Blattläusen zu unterscheiden, so mögen ausnahmsweise einige zoologische Merkmale[2]) hier angeführt werden. Die Fühler sind sechsgliederig, die beiden ersten Glieder am kürzesten und dicksten, das dritte fast so lang als die drei letzten, dünner und etwas kürzer werdenden Glieder zusammengenommen und nebst den beiden folgenden schraubenartig geringelt. Die Flügel haben, wie die der echten Aphis-Arten, in ihrer Aderung 4 Schrägäste, von denen der dritte einfach gegabelt ist und die Hinterflügel haben deren zwei. Dem hoch gewölbten, hinten stumpfen Hinterleibe fehlen die bei den echten Blattläusen fast immer vorhandenen Saft-

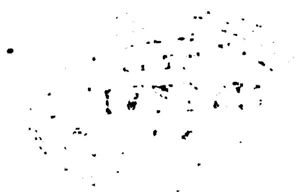
---

[1]) Vergl. Prillieux in Bull. d. l. soc. bot. de France 1875. — Stoll in Schenk nnd Lürßen, Mittheil. aus d. Gesammtgebiet d. Bot., II, Heft I.

[2]) Nach Taschenberg: Entomologie für Gärtner, S. 471.



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



röhren (cornicula). Die ungeflügelten, etwa 2 mm großen Exemplare sind honiggelb bis braunröthlich oder blaubraun, oben mit langer, weißer, aus wachsähnlicher Substanz bestehender Wolle bekleidet. Die Fühler sind sehr kurz und blaßgelb; die Augen sehr klein, kaum bemerkbar. Die Beine erscheinen gelblich mit braunen Knieen. Die einzelnen Körperglieder sind abgesetzt und an Stelle der Saftröhren bemerkt man eine ringförmige Narbe. Die geflügelten Exemplare sind glänzend schwarz, der Hinterleib mehr chokoladenbraun und ebenfalls stark weißwollig; bei ihnen sind die Augen sehr groß, die Fühler kürzer als Kopf und Mittelleib zusammengenommen. Die schlanken, durchscheinenden Beine besitzen einen braunen Anflug, an den Hüften und den Spitzen der Schenkel und Schienen ist er am dunkelsten. Beide Exemplare lassen bei dem Zerdrücken einen blutrothen Fleck zurück, der die Veranlassung zur Benennung des Thieres gegeben hat.

Die Thiere sind vorzugsweise auf der Schattenseite oder Unterseite der jungen, diesjährigen und einjährigen Triebe und den Wurzeln unserer Kulturvarietäten von Pirus Malus zu finden; seltener zeigen sich Pirus prunifolia und spectabilis befallen. Die Blutlaus ist zwar auf den von ihr heimgesuchten Bäumen reichlich auch an älteren Stammtheilen zu beobachten; jedoch ist sie dorthin nur in wenigen Fällen erst neuerdings gewandert, sondern meist in den durch sie oder andere Ursachen hervorgebrachten Wunden von früher her zurückgeblieben. In den noch weichen Rindenparthien der kürzlich entstandenen Zweige sucht sie den eigentlichen Heerd ihrer Thätigkeit. Entstehen an älteren Stammparthien neue Wunden, so bieten die sich zur Ueberwallung anschickenden Wundränder ein ebenso leicht zugängliches Nahrungsmaterial, wie die einjährigen Zweige.

Durch die weiche Rinde sticht der sehr lange Saugrüssel in den Zweig fast immer senkrecht zu dessen Längsrichtung hinein, bis er auf die cambiale Region gelangt. Das Cambium entwickelt sich an der Stichstelle zu parenchymatischem, die Rinde zunächst auftreibendem, später sogar sprengendem Wuchergewebe, das oft selbst radiale Zerklüftung anfangs zeigt, sich aber später durch Ueberwallung schließt und nun eine knollig aus der Rindenspalte hervortretende Zweiganschwellung darstellt. Die Gestalt der einzelnen am einjährigen Zweige auftretenden Gallen ist meist ellipsoidisch (Fig. 1 a); ihre Oberfläche stumpf, nicht glänzend wie die Zweigrinde, bald kugelig gleichmäßig zugewölbt, bald mit vertiefter, kreisrunder oder häufiger spaltenförmig-rinniger Gipfelregion. Die von der ursprünglichen Stengelrinde umsäumte Basis der Blutlausgalle zeigt häufig weißfleckige Stellen, hervorgebracht durch zurückgelassene Wollparthien der Blutlaus.

Wenn mehrere Gallen dicht beieinander stehen, bilden sie geschwürartig zusammenfließende Auftreibungen (Fig. 1 b), bei denen aber immer die einzelne Galle durch das knollige Hervortreten ihrer Gipfelregion kenntlich ist.

An älterem Holze sitzen nun die Gallen meist gehäuft aufeinander (Fig. 1 c), was daher kommt, daß die nächste Blutlausgeneration an den Gallen der vorhergehenden sich einbohrt. Es entstehen dadurch sehr große, zusammenhängende, geschwürartige, durch unregelmäßig verlaufende Furchen zerklüftete Holzwucherungen, wie Fig. 1 zeigt. Immer aber (und das ist besonders zu betonen), zeigen diese Wucherungen ihre Zusammensetzung aus einzelnen knolligen Auftreibungen, wodurch sie das bloße Auge leicht von Krebsgeschwülsten unterscheiden kann.

Fig. 2 stellt einen Querschnitt durch Blutlausgallen des älteren Holzes (Fig. 1 c) dar. Bis zur Region a a erstreckt sich das alte, normale Herbstholz. Im Frühjahr des folgenden Jahres hat die Blutlaus die ursprünglich auf a a liegende Cambialregion mit ihrem Rüssel erreicht und dieselbe bei g zur Entwicklung abnormer Gewebeelemente gereizt. An Stelle dickwandiger, der Länge des Zweiges nach gestreckter Holzzellen und Gefäße ist ein weiches, kurzes, in der Richtung des Radius häufig schlauchartig verlängertes, Chlorophyll führendes Gewebe getreten, das anfangs sogar schlecht die das normale Holz regelmäßig fächernden Markstrahlen erkennen läßt. Die Zelltheilung in diesem Gallenparenchym (g p) ist eine so üppige, die in der Richtung des Zweigradius erfolgende Streckung desselben eine so rapide, daß das umgebende Gewebe zurückbleibt und das Gallengewebe als Anschwellung über die normale Rindenebene hervortritt. Erst allmählich, wenn der durch Saugreiz hervorgerufene Saftzudrang und damit Zellvermehrung und Zellstreckung nachlassen, wenn der durch den Schluß der Wunde gesteigerte Rindendruck sich geltend macht, ändert sich der Charakter dieses Gewebes. Man erkennt zunächst deutlicher die Markstrahlreihen (m) und in den zwischen denselben liegenden Geweben das Auftreten kurzer, poröser Gefäße v, erst vereinzelt zwischen Parenchym, dann zu mehreren und schon umgeben von langgestreckteren, engeren, derbwandigeren Zellen, die allmählich, bei dem weiteren Schluß der Wunde in normal gebautes, wenn auch noch anfangs nicht normal gelagertes Holz übergehen. Grade so wie nach der Spitze der Galle hin, erfolgt auch nach den Seiten der allmähliche Uebergang des weichen Gallengewebes in festere Holzsubstanz.

Während der Schluß der ersten Gallen erfolgt (g p′ ist eine dicht neben g p entstandene, gleichalte Galle) und sich normales Holz über die muschelförmigen Parenchymmassen (g p und g p′) der Galle hinweg zu wölben beginnt, trifft die über die Gallenbuckel bogig verlaufende Cambiumzone (c c′), die bei r und r′ von normaler Rinde gedeckt ist, eine neue Verwundung in g′ durch eine neue Blutlausgeneration. Die Folge davon ist die Entstehung einer neuen Galle (g p″) auf der ersten.

Aus dem Vorkommen vieler, durch annähernd normales Holz geschlossener Gallen, wie Fig. 2 zeigt, ist zu schließen, daß das Saugen der Blutläuse vor

der Zeit aufhört, in welcher der Baum zur Ruhe kommt. Die angestochene Stelle hat eben noch Zeit, festeres, nur bei stärkerem Rindendrucke entstehendes Holz zu bilden. Der aus prosenchymatischen, in normales Holz übergehenden Elementen gebildete Gallenmantel entspräche somit der Hartschicht bei den Cynipidengallen, während das erstgebildete, schwammige Parenchym als Gallenmark und die Zweigrinde als Außenschicht gelten würden. Trotz dieses äußeren, festen Gallenmantels leidet das weiche Innengewebe, das oft schon kurz nach seiner Entstehung große Lücken (Fig. 2 l) zeigt, durch Insektenfraß und Frostbeschädigungen. Einzelne Beobachter haben aus den durch Blutläuse hervorgegangenen und durch Frost zerstörten Gallen den Krebs herleiten wollen. Sowohl der Habitus der Krebsgeschwülste, wie schon R. Göthe hervorhebt, als auch der anatomische Bau sind sehr verschieden. Zur Herstellung der Krebsgeschwulst muß der Baum prädisponirt sein, auf einen plötzlich und kurze Zeit wirkenden Reiz (durch Frühjahrsfrost) mit der Bildung parenchymatisch wuchernder Wundränder zu antworten. Bei der Bildung der Galle braucht der Baum keine Anlage zu wuchernden Excrescenzen; wenn die Blutlaus auch weiche Kulturvarietäten und schwächliche Exemplare mit Vorliebe aufsucht, so kommt sie doch auch auf den kräftigsten Pflanzen vor und erzeugt hier wie dort Gallen in einfacher Reaktion auf einen dauernd wirkenden Reiz, der durch das Saugen des Thieres dargestellt wird. Nach Keßler's neuesten Untersuchungen [1]) soll ein einzelnes Thier, das an die jungen, grünen Zweige wandert, sich allein dort nicht ernähren können; es müssen zur Erzeugung neuer Gallen immer eine größere Anzahl von Thieren beieinander sein.

Dieser Beobachter giebt in seinen Mittheilungen einige von den bisher geläufigen Anschauungen über die Entwicklung und Verbreitung des Thieres abweichende Resultate. Er fand die Blutläuse schon bei Beginn des Saftsteigens vor Laubausbruch an den Zweigen in Form kleiner, weißer, sich schnell vermehrender Flecke; die leichte Vergrößerung und Vermehrung der Flecke erklärt sich durch die schnelle Vermehrung der Thiere, von denen alle 14 Tage eine neue Generation erscheint. Vom 18. Mai bis 12. Sept. sah Keßler bereits 10 Generationen erscheinen und bis Eintritt des Winters werden sicherlich noch einige entstanden sein.

Die ersten Thiere einer jeden Generation saugen sich am Orte ihrer Geburt dauernd fest; die späteren lassen sich an den Rändern schon vorhandener Wunden nieder oder wandern auf junge Zweige aus. Von Ende August bis in den Oktober hinein findet man unter der großen Menge ungeflügelter Läuse auch solche, welche Flügel haben. Diese geflügelten Thiere bringen ungeflügelte, aber geschlechtlich ausgebildete Individuen, von denen die einen honiggelb und

---

[1]) Die Entwicklungs- und Lebensgeschichte der Blutlaus, Schizoneura lanigera Hausm. Tagebl. d. Naturf.-Vers. 1884, S. 95.

breit, die andern schmutzig grün, klein und rüssellos sind; von dieser Generation legt das Weibchen je ein Ei und zwar meistentheils gleich an der betreffenden Wundstelle, an welcher es geboren wurde. Noch im Herbst desselben Jahres verläßt das junge Thier die Eihaut, saugt sich in dem Gewebe der Wundstelle fest und überwintert da. Daß also zwecks der Ueberwinterung das Thier an den Wurzelhals oder an die Wurzeln wandern müßte, ist irrig. Andrerseits ist aber ebenso irrig, das Vorkommen der Blutläuse an den Wurzeln zu leugnen; es können ebenso große und ausgedehnte Gallenbildungen an Wurzeln, wie an Zweigen vorkommen, wodurch die Möglichkeit erwiesen ist, daß Blutlauskolonien dauernd auch unter Erdbedeckung leben können.

Die Verbreitung von einem Baume zum andern erfolgt nach Keßler's Anschauung nicht durch die geflügelten Thiere, sondern durch unmittelbares Ueberwandern der ungeflügelten jüngeren und jüngsten Thiere bei direkter Berührung der einzelnen Baumtheile. Von einer Baumschule zur andern kann demnach nur durch ganze Bäume oder Edelreiser eine Ansteckung erfolgen.

R. Göthe[1]) weist dagegen den geflügelten Individuen mit Recht eine sehr hervorragende Betheiligung bei der Ausbreitung auf größere Entfernungen zu. Dabei giebt er die sehr beachtenswerthe Notiz, daß die Blutläuse gewisse Sorten mit Vorliebe befallen. Es sind dies der weiße und rothe Astracan, der weiße Wintercalvill, Kaiser Alexander, Langtons Sondergleichen, Englische Spitalreinette, Rosmarinapfel u. A. Jedenfalls ist die Zusammensetzung des Zellsaftes eine den Thieren besonders zusagende. Aendert sich diese Zusammensetzung dadurch, daß man die Zweige in's Wasser setzt, so werden die Thiere unruhig und verlassen ihre Nährstelle.

An Apfelwurzeln sah ich Gallen dünnerer Aeste bei 30 cm unter der Bodenoberfläche. H. Göthe (Marburg) beobachtete solche an Birnenwurzeln bei 65 cm Tiefe.[2]) Die Wurzelgallen, die ich bisher untersucht, zeichneten

---

[1]) Deutsche Gärtnerzeitung 1885, vom 1. Sept., S. 303.

[2]) Bemerkenswerth ist die Beobachtung von H. Göthe, daß die zwischen den befallenen Birnbäumen hier und da vorhandenen Apfelbäume keine Spur von Blutläusen zeigten. Neuere Veröffentlichungen von H. Göthe (Gartenzeitung von Wittmack vom 9. Oktob. 1884, S. 487) stellen fest, daß die Birnenblutlaus als eine schlankere 1—1,5 mm große Varietät (Schizoneura lanig. var. piri) der Apfelblutlaus zu betrachten ist. Die Färbung des Mutterthieres ist röthlich bis rothbraun, während sie bei den jungen Läusen gelb oder braun ist. Die Birnenblutlaus findet sich im Sommer in den oberen und im Winter in den tieferen Bodenschichten bis 2 m tief an stärkeren und feineren Wurzeln. Vom Mai an bringt das Mutterthier etwa 30—40 in zarten, gelblichen Eihäuten eingeschlossene, junge Thiere zur Welt. Im Sommer erscheint eine zweite Form mit Flügelansätzen und schlankerem Leibe, die Nymphe, aus welcher im Oktober nach der Häutung das vollkommne, geflügelte Weibchen hervorgeht, welches schwarzbräunlich ist und 3—4 mm, bei ausgebreiteten Flügeln, groß ist. Es kommt aus dem Boden hervor und hält sich am oberirdischen Theil des Baumes auf, wo es seine Eier wahrscheinlich auf die Unterseite der Blätter legt. „Aus den Eiern der geflügelten Thiere

sich dadurch aus, daß die parenchymatische Deformation einen verhältnißmäßig größeren Theil des Wurzelkörpers umfaßte und der Uebergang von dem an und für sich lockeren normalen Wurzelgewebe zu dem Gallengewebe ein weniger scharfer war. Das Vorhandensein größerer Blutlauskolonien an den Wurzeln macht sich in der Regel durch vorzeitige, gelbe Verfärbung des Laubes bemerkbar.

entwickeln sich noch kleinere Läuse männlichen und weiblichen Geschlechtes von honiggelber oder grüner Farbe, welche keinen Saugrüssel besitzen und durch ihre sehr vollkommen ausgebildeten Geschlechtsorgane nur zur Fortpflanzung des Thieres bestimmt zu sein scheinen." —

Die geschlechtsreifen Läuse kriechen am Baum herab und das befruchtete Weibchen legt ein Winterei, aus dem sich im Frühjahr ein Mutterthier entwickelt, das den Entwicklungscyclus erneuert. Gleichzeitig verbreiten sich die Läuse unterirdisch durch Wanderung auf benachbarte Birnenwurzeln, welche durch das Saugen des Thieres vertrocknen oder verfaulen. Eine Gallenbildung wird von Göthe nicht angegeben. Das Ausgraben der befallenen Bäume, welche sich durch Gelbwerden und Abfallen der Blätter im Juli und August einigermaßen kenntlich machen, und das Einpflanzen derselben nach gründlicher Wurzelreinigung in einen von Läusen freien Boden dürfte als das beste Hülfsmittel anzusehen sein. Als Vorbeugungsmaßregel wird eine Veredlung der Birne auf Weißdornunterlage empfohlen. Indeß dürfte dieses Mittel mehr als gewagt erscheinen, da die Blutlaus auf Crataegus Oxyacantha auch vorkommt.*)

Im Anschluß an die Birnenblutlaus möchten wir noch einmal auf die früher bereits erwähnten Pistacienläuse zurückkommen, weil von einer derselben (Anopleura lentisci) angegeben wird, daß dieselbe auf die Wurzeln von Gräsern übergeht. Nach Lichtenstein**) und Courchet***) lebt diese Laus in einer gewissen Entwicklungsphase in der Erde. Lichtenstein stellt den biologischen Cyclus des Thieres in folgender Weise dar. Im Mai und Juni tritt aus dem auf Lentiscus von dem befruchteten Weibchen gelegten Ei ein flügelloses Insekt: 1. der Stifter (fondateur); es ist der erste Larvenzustand, der die Galle hervorbringt und nach 4 Häutungen als Pseudoweibchen (Pseudogyne vivigemme) junge Blattläuse liefert; 2. die Wanderer (Emigrants), welche den zweiten Larvenzustand darstellen. Diese Wanderer verlassen die Galle, steigen auf die Gramineen und erzeugen kleine ungeflügelte Thiere, welche 3. Knospen (Bourgeonnants) genannt worden sind und eine dritte Larvenform darstellen. Diese brüten unter der Erde und geben eine mehr oder weniger lange Serie ungeflügelter Generationen bis zur Schwärmzeit und zum Erscheinen der Nymphen, welche den vierten Larvenzustand, die Puppenerzeuger (Pupifères) liefern. Diese vierte Larvenform geht aus der Erde und fliegt auf den Lentiscus, wo sie ihre Puppen absetzt, welche die geschlechtlichen Thiere geben, die sich begatten und von denen das Weibchen ein befruchtetes Ei absetzt. Dieses Ei bildet den Ausgangspunkt neuer Entwicklung.

Courchet hat die Brut des geflügelten Insekts auf den jungen Wurzeln von Gerste (Hordeum vulgare) erzogen und Lichtenstein fand dieselben Thiere im Freien an den Wurzeln von Bromus sterilis. Auch Pemphigus follicularius und semilunaris hat Courchet auf den Wurzeln von Gramineen erzogen.

*) Deutsche Gärtnerzeitung 1885, Nr. 3.

**) Lichtenstein: Migration des Pucerons des Galles du lentisque aux racines des graminées. Compt. rend. 1878. t. LXXXVII, S. 782.

***) Courchet: Etude sur le groupe des Aphides et en particulier sur les pucerons du Térébinthe et du Lentisque. Montpellier 1878.

Gegen die den oberirdischen Achsentheil bewohnenden Parasiten ist am erfolgreichsten das scharfe Abbürsten der befallenen Theile mit scharfer Seifenlauge angewendet worden. Empfohlen wird auch eine Lösung von 50 g sog. neapolitanischer, gelber Seife in einem Liter Wasser für die Blutlaus, während nur 30 g pro Liter zur Vertilgung der auf den Blättern vorkommenden andern Blattläuse zu verwenden sind. Ein vom preußischen landwirthschaftlichen Ministerium angerathenes Mittel besteht in der Anwendung von 1/4 kg gewöhnlichen Tabaks, der mit 3—4 l Wasser gekocht und dann aus der Brühe entfernt wird. Nach Erkalten erhält die Flüssigkeit noch 3 Tassenköpfe 5 % Carbolsäurelösung. Nach sorgfältigem Abschaben der befallenen Stellen werden dieselben sorgfältig mit der Flüssigkeit bestrichen (Gartenzeitung, Berlin, Parey 1885, Nr. 2). Zum Schutz gegen die aus der Erde auftriechenden Thiere werden Leimgürtel um die Stammbasen empfohlen.

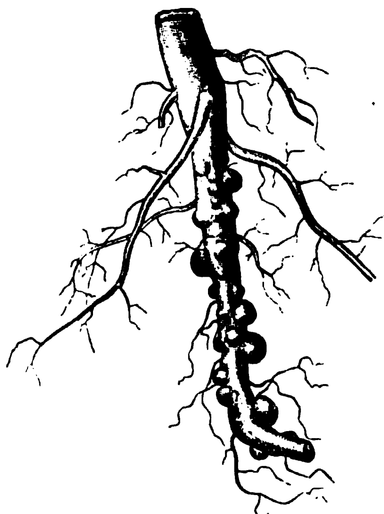


Fig. 53.

Auch Phenylwasser von 5 bis 6° B., das sich gegen Erdflöhe, Ameisen u. dgl. wirksam erwiesen haben soll, wird hierbei zu berücksichtigen sein.

Keßler erwähnt, daß schon das dichte Ueberstreichen der Gallen mit einer luftabschließenden Masse (wozu auch thonreicher Lehm gehört) genügend ist. Die jungen Thiere ersticken, wenn der Ueberzug einige Zeit hindurch dicht hält.

H. Göthe (Marburg) wandte zur Vernichtung der Läuse im Boden mit sehr gutem Erfolge eine mehrmalige, starke Düngung mit Jauche oder das Untermischen des Bodens mit Kalk an.

Im Anschluß an das Vorstehende mag hier die Abbildung (Fig. 53) einer Pflaumenwurzel einen Platz finden, welche mit halbkugeligen, anscheinend normal berindeten Anschwellungen bedeckt war. Eine bestimmte Ursache ließ sich nicht feststellen.

Die Reblaus.

Mehr noch als die Blutlaus hat in den letzten Jahren die Reblaus, Phylloxera vastatrix Planch., sich als Feind unserer Kulturen und zwar speziell unserer Weinpflanzungen gezeigt. Die Literatur über diesen Parasiten ist zu einer er-

schreckenden, nicht mehr zu bewältigenden Menge angewachsen. Wir halten uns daher vorzugsweise kurz an die Angaben, welche ein zuverlässiger Beobachter, Rösler in Klosterneuburg, veröffentlicht hat[1]) und stützen uns später auf die Angaben von Cornu und anderer französischen Forscher.[2]) Nach David[3]) sind die Thiere bis 0,75 mm lang und 0,50 mm breit, etwa mandelförmig und nach hinten zugespitzt. Die Farbe ist nach der Häutung goldgelb und wird bis zur nächsten Häutung etwas grünlich. Der Körper ist in deutliche Abschnitte getheilt; der vorderste bildet den etwas nach unten geschobenen Kopf und trägt zwei Augen, von denen jedes aus 3 Facetten zusammengesetzt ist. Vor den Augen befinden sich die dreigliederigen Fühler, deren äußerstes Glied schräg abgeschnitten ist und in ein langes, dünnes Haar ausläuft, das von andern Haaren umgeben ist. Die unterhalb des Kopfes in einer Rüsselscheide liegenden 3 (nach Rösler meist 4) Saugborsten erreichen $^2/_3$ der Körperlänge. Das äußerste Glied der 3 Paar dreigliederigen Beine trägt kurze, in kleine Knöpfchen endigende Haare.

Die von den geschlechtslosen Thieren (Ammen) im Laufe des Sommers gelegten, ellipsoidischen, anfangs schwefelgelben, später dunkleren Eier sind durchschnittlich 0,24—0,30 mm lang und etwa 0,13 mm breit. Das etwa nach 8 Tagen ausgeschlüpfte Junge („Larve") hat nur eingliederige Beinstummel. Nach drei, innerhalb 12—20 Tagen stattfindenden Häutungen ist der Entwicklungsgang des Thieres beendet; es beginnt nun selbst mit der Eierablage. Gewisse Thiere machen statt dreier Häutungen fünf durch; bei ihnen bemerkt man nach der dritten Häutung schon Flügelansätze („Nymphe").

Das geflügelte Thier hat einen braunen Mittelkörper. Das bei den ungeflügelten Exemplaren kurz ringförmige Mittelglied der Fühler ist hier zu beträchtlicher Länge entwickelt. Von den charakteristisch geaderten Flügeln haben die vorderen mehr als die doppelte Körperlänge; die unteren sind etwas kürzer. Die Augen sind stärker entwickelt, als bei den unterirdischen Thieren.

Die in den 50er Jahren bereits in den Treibereien Englands und Irlands vorhanden gewesene Reblaus findet sich seit 1865 in Frankreich; 1871 war das ganze Rhonethal inficirt, 1872 wurde sie in Klosterneuburg bei Wien von Rösler gefunden; in den folgenden Jahren trat sie in verschiedenen Orten Deutschlands auf. Die meisten Wahrscheinlichkeitsgründe sprechen dafür, daß die Reblaus aus Amerika, wo sie nach David[4]) in den Gallen von Wein-

---

[1]) Die „Phylloxera vastatrix" von Dr. L. Rösler in Klosterneuburg. Oesterreich. landwirthsch. Wochenbl. 1875, Nr. I ff.

[2]) Bull. d. l. soc. bot. de France 1875. — Etudes sur le Phylloxera vastatrix 1879. Observations sur le Phylloxera et sur les parasitaires de la vigne etc. par les Délégués de l'Academie. Compt. rend. Paris 1881. t. XCI u. XCII.

[3]) Dr. Georg David: Die Wurzellaus des Weinstockes. Wiesbaden 1875.

[4]) a. a. O., S. 61, Anmerkung 1.

blättern schon im Jahre 1854 von Asa Fitch entdeckt und als Pemphigus vitifoliae beschrieben worden, eingewandert ist. Im Jahre 1867 wurde sie von Shimer, der geflügelte Individuen beobachtete, Dactylosphaera vitifoliae genannt. Westwood taufte das Thier Peritymbia vitisana und Planchon benannte es anfänglich Rhizaphis. Daß die amerikanischen Weinkulturen noch nicht in so besorgnißerregendem Grade gelitten haben, zeigt, daß die meisten amerikanischen Rebsorten den Angriffen des Parasiten länger widerstehen.

Die Ausbreitung im Inlande ist in vielen Fällen nachweislich durch Bezug von inficirten Reben geschehen, in einigen Fällen z. B. in Genf, höchstwahrscheinlich durch Einwanderung des geflügelten Insektes vom Rhonethal herauf in Folge des für Genf ausschließlich herrschenden Südwestwindes. Durch die geflügelten Thiere ist überhaupt die Weiterverbreitung auf größere Strecken allein möglich, wenn man von den Verschleppungen durch Menschenhand absieht.

Das Auftreten der geflügelten Thiere ist in Frankreich zu Ende Juli und Anfang August beobachtet worden, in Klosterneuburg erst zu Ende September bis in den Oktober hinein; ihre Flugzeit ist kurz vor Sonnenuntergang, aber nicht des Nachts. Die geflügelten Exemplare entwickeln sich aus den sich häutenden Nymphen, die an den nahe der Bodenoberfläche liegenden Wurzeln oder auch außerhalb des Bodens unter der Stammrinde gefunden werden und die länger gestreckt, heller gelb und mit seitlichen Anschwellungen versehen sind. Bei einzelnen geflügelten Exemplaren ist beobachtet worden, daß sie 4—5 Eier auf die Blattunterseite legen; aus den größeren derselben entwickeln sich weibliche, aus den kleineren männliche Individuen, die beide rüssellos, also zur Nahrungsaufnahme unfähig sind und die bald nach dem Verlassen der Eihülle sich begatten. Das Männchen stirbt bald und das Weibchen legt unter die abblätternde Rinde älterer Stammtheile ein im Vergleich zum Thier selbst außergewöhnlich großes Ei (Winterei), welches den Leib des Mutterthieres ganz ausgefüllt hat.

Aus diesem großen Ei, welches überwintert, kommt im Frühjahr die Stammmutter des nächsten Jahres. Dieser Cyclus ist nicht der durchaus nothwendige zur Uebertragung der Läuse von einem Jahr in das andere. Man hat beobachtet, daß sich auch ohne Dazwischentreten der geflügelten Form die Thiere jahrelang vermehren können. Das aus dem großen Ei stammende Mutterthier legt nun eine sehr große Anzahl Eier (bis 80), aus denen gewöhnlich schon nach 3—4 Tagen erblich befruchtete Weibchen auskriechen, die nun wieder Eier legen. Dieser Vorgang wiederholt sich während eines Sommers in 6 bis 8 Generationen, von denen jedoch jede spätere Generation weniger Eier als die vorhergehende liefert.

Ausnahmefälle, deren Erklärung noch fehlt, sind auch hier constatirt. Rösler beobachtete im Juni und Juli Individuen, die nur sehr wenige Eier legten; er vermuthet auch, daß ungeflügelte Exemplare jene erwähnten, ver-

schieden großen Eier ablegen können, aus denen die mit Geschlechtsorganen aber ohne Rüssel und Verdauungsapparat gebildeten Jungen hervorkommen. Möglicherweise treten auch zweimal im Jahre geflügelte Generationen auf.

Wenn nun auch noch Lücken in der Entwicklungsgeschichte des Thieres existiren, so ist doch so viel festgestellt, daß alle ungeschlechtlichen Thiere Gallenerzeuger sind. Es entstehen aber nicht blos Wurzelgallen, sondern auch warzenförmige Blattgallen, indem ein Theil der aus den Wintereiern stammenden Jungen stammaufwärts kriecht. Die Blattgallen sind an europäischen Reben bisher nur selten beobachtet worden, kommen dagegen an einzelnen amerikanischen Rebsorten sehr zahlreich vor.[1]) Die in der Regel 4 Saugborsten



Fig. 54.



Fig. 55.

bergende Rüsselscheide wird an den Bauch angedrückt; die hervortretenden Saugborsten werden durch Gegenstemmen mit den 6 Füßen und durch Rückwärtsbewegung des ganzen Körpers tief in das Gewebe der jungen Wurzel eingebohrt. Das Thier saugt nun wochenlang, vielleicht sogar monatelang an derselben Stelle. Dabei legt es durch abwechselndes Drehen seines Hinterleibes nach rechts und links einen ganzen Kranz von Eiern. Durch den Saugreiz entstehen nun an den häufig knieförmig sich krümmenden Wurzeln spindelförmige, längliche oder kugelige, meist gelbe Anschwellungen (Nodositäten) (Fig. 54), die oft das Thier schüsselförmig umwallen (Fig. 55), und durch

[1]) J. Moritz: Ueber die Reblaus. Deutsche Obst- und Gartenzeitung 1878, Nr. 6, S. 87.

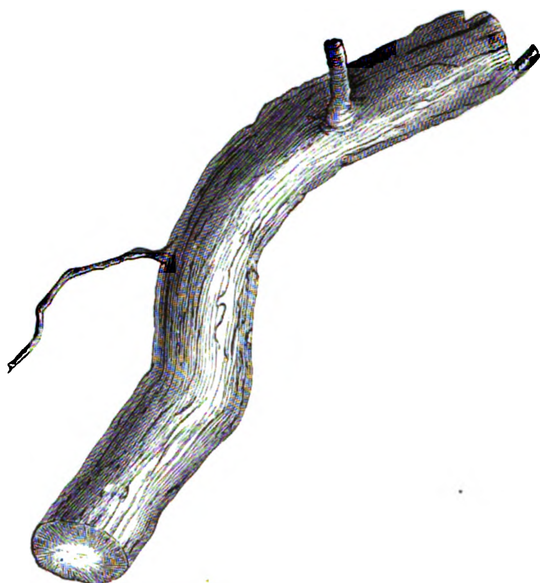


Fig. 56.

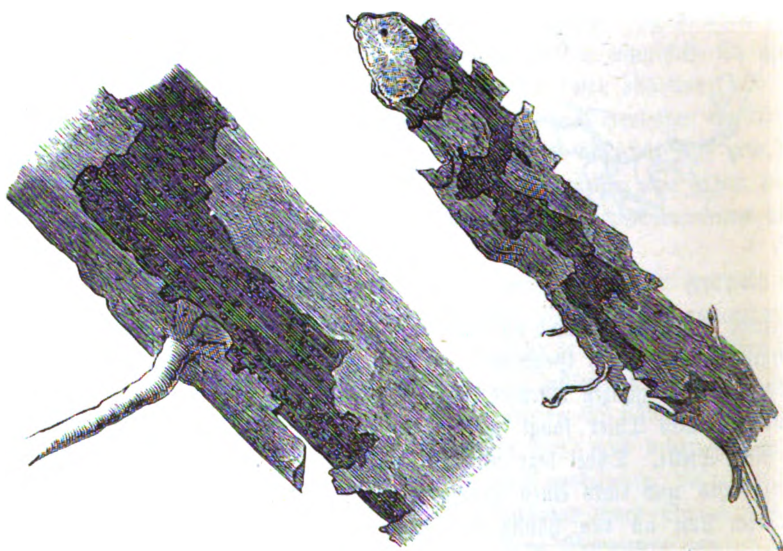


Fig. 57. Fig. 58.

Verbrauch des Nährstoffmaterials ein Absterben des übrigen Wurzeltheils hervorbringen. Von den todten, feinen Wurzeln zieht sich der Parasit auf die

älteren, fingerdicken Wurzeläste zurück und verweilt hier dichtgedrängt in den Rissen der Rinde. Fig. 56 zeigt ein Stück einer gesunden, starken Wurzel zum Vergleich mit Fig. 57, welche eine von Phylloxera befallene Wurzel in natürlicher Größe und Fig. 58 im vergrößerten Maßstabe darstellt. Bei letzterer Zeichnung deuten die unter der aufgesprungenen Rinde angegebenen, hellen Kreise die gelben Rebläuse an.

Bei den älteren Wurzelästen ist die durch die Phylloxera hervorgerufene Wucherung nur auf die Kork- und äußersten Rindenlagen beschränkt; je dünner die Wurzel, desto tiefere Rindenschichten werden in Mitleidenschaft gezogen, so daß schließlich auch das Cambium bei der Hypertrophie mit wirkt.[1] Die bequemste Ernährungsstelle bilden die jüngsten Würzelchen und aus ihnen entstehen durch Rindenwucheruug die Nodositäten. Man sieht in der Abbildung die Stelle, an welcher die Laus sitzt, im Wachsthum etwas zurückgeblieben und kleinzelliger, als die Parthien um das Thier herum, in welchen sich die Zellen mehr strecken können. Die Gefährlichkeit der Nodosität für das Gesammtleben liegt nicht in ihrer Entstehung, sondern in ihrer Zersetzung, die im Spätsommer bei feuchter Witterung beginnt. In der Gallenwucherung vollzieht sich nämlich nicht der im Sommer bei normalen Wurzeln stattfindende Prozeß der Neubildung einer Korkzone aus der Zellschicht unmittelbar unter der Schutzscheide der Wurzel. Alles, was außerhalb der neu entstandenen Korkzone liegt, wird abgestoßen. Das weiche, stärkereiche Gewebe der Galle bildet keine solche Zone und wenn einmal die Fäulniß das Gallengewebe ergreift, so setzt sich dieselbe ungehindert auf den centralen Wurzelcylinder fort und bringt das Würzelchen zum Absterben. Je trockner der Standort, desto langlebiger sind die Würzelchen. Daß bei der Fäulniß Pilze meist mitwirken, läßt sich leicht beobachten; indeß ist nicht anzunehmen, wie Millardet meint, daß die Fäulniß immer erst durch den Wurzelpilz eingeleitet werde und dieser daher der eigentliche Wurzeltödter sei[2]), da er auch in der primären Rinde feiner Würzelchen ohne Nodositäten bisweilen angetroffen wird.

Ein auf diese Weise befallener Weinstock bekommt gewöhnlich erst im Herbst des zweiten Jahres frühzeitiger als andere gelbe Blätter und weniger und kleinere Beeren; im Frühjahr des dritten Jahres macht er durch sein kümmerliches Austreiben den Beobachter auf die Gefahr aufmerksam; im Herbst dieses dritten Jahres dorrt aber oft auch schon der Weinstock ab. Bei der Untersuchung darf man sich nun nicht täuschen lassen. Es kommt nämlich vor, daß die Läuse den kranken Weinstock bereits verlassen haben und in die Umgebung gewandert sind.

---

[1]) Cornu: Etudes sur le Phylloxera vastatrix, cit. Bot. Jahresbericht 1878, I, S. 159.

[2]) Bot. Jahresb. 1878, I, S. 163.

Außer auf Vitis vinifera hat Cornu die Phylloxera auch noch auf Vitis aestivalis, Labrusca, cordifolia (Riparia) Mchx. und candicans beobachtet. David[1]) bemerkte in vereinzelten Fällen die Rebläuse auf den Wurzeln des Pfirsichbaumes und erwähnt die Bemerkung Cornu's, wonach durch Zufall auch der Parasit auf Birnenwurzeln angetroffen werden kann.

Obgleich die amerikanischen Rebsorten somit ebenfalls als Heerde und wahrscheinlich sogar als die ursprünglichen Wohnstätten der Phylloxera anzusehen sind, so hat doch auch die Erfahrung gelehrt, daß einige derselben den Angriffen des Insekts kräftigen Widerstand leisten.

Nach den von Rösler mitgetheilten, in Frankreich gemachten Erfahrungen widerstehen in erster Linie alle in die Klasse von Vitis rotundifolia gehörenden Sorten, vor allem der rothe und weiße Scuppernong, ferner die Muscadine und der Mustang von Texas. Leider ist der Wein dieser Sorten kaum genießbar. Besser ist dies bei den zur Gruppe von V. aestivalis gehörigen Sorten, wie Herbemont, Cunningham, Norton's Virginia, Cynthiana, Jaquez, Alvez u. s. w. Die dritte Gruppe bilden die von Vitis cordifolia stammenden Sorten wie Clinton. In eine vierte Gruppe sind die von dem längst als Zierpflanze bei uns kultivirten Vitis Labrusca stammenden Sorten zu bringen, wie z. B. Catawba, Isabella, Elsinbourgh, Concord und Delaware. Nach den später gemachten Erfahrungen widerstehen Catawba, Isabella und Delaware für die Dauer nicht den Angriffen der Phylloxera vastatrix.

Eine neuere Arbeit von Müller[2]) versucht, aus dem anatomischen Bau der Wurzeln die verschiedene Widerstandsfähigkeit der einzelnen Arten von Reben zu erklären. Die Untersuchung des reichen Materials ergiebt zunächst betreffs des Markstrahlgewebes, welches den Angriffen der Phylloxera als zuerst erliegend angesehen wird, thatsächlich einen Unterschied. Bei den Europäern sind die Markstrahlzellen im Allgemeinen größer als bei den Amerikanern, wenn auch einzelne der Letzteren höhere Maße zeigen. Jedenfalls sind aber die als die resistentesten Reben sich ergebenden Varietäten ausgezeichnet durch sehr kleine Markstrahlzellen oder, wenn die Zellen größer sind, durch unverhältnißmäßig dicke Zellwände. Als die widerstandsfähigsten Varietäten bestätigen die Untersuchungen die von der französischen „Commission superieure“ empfohlenen Varietäten Jaquez aus der Gruppe der Vitis aestivalis, Vitis Solonis aus der Gruppe V. Riparia und York Madeira unter den Hybriden. Das Parenchym des Rindenkörpers ist durchschnittlich bei den amerikanischen und europäischen Stöcken gleich groß; die vorerwähnten ersten 2 Sorten aber haben so kleine Parenchymzellen, wie sie den Europäern nicht zukommen; auch die Dicke der Zellwände ist bedeutender. Alle übrigen Gewebeelemente (Holz, Kork) zeigen dagegen eine solche Uebereinstimmung, daß aus ihnen die verschiedene Widerstandsfähigkeit nicht zu erklären ist. Foëx[3]) sah eine vollständigere Verholzung der Wurzeln als Ursache

---

[1]) a. a. O., S. 65, Note 8.

[2]) O. L. Müller: Untersuchungen über den anatomischen Bau amerikanischer und europäischer Rebenwurzeln mit besonderer Berücksichtigung ihrer Widerstandsfähigkeit gegen die Phylloxera. Kaschau 1882.

[3]) Deuxieme note relative aux effets produits par le Phylloxera sur les racines etc., cit. Bot. Jahresbericht 1877, S. 506.

der größeren Widerstandsfähigkeit an. Außerdem fand er, daß bei Vitis aestivalis, candicans und Solonis die Markstrahlen durch Schwefelsäure braun gefärbt, aber nicht gelöst, die von V. vinifera aber ohne Verfärbung vollständig gelöst wurden.

Die Widerstandsfähigkeit der amerikanischen, namentlich der Aestivalis-Sorten schreibt man theilweis auch dem Vermögen zu, immer wieder neue, kräftige Wurzeln zu bilden. Für unsere einheimischen Sorten würde daraus der Schluß abzuleiten sein, daß die durch Düngung zu größerer Wachsthumsenergie angeregten Stöcke den Parasiten besser widerstehen werden. Die französischen Versuche haben in der That gezeigt, daß die Düngung als Mittel gegen den Parasiten wohl vortheilhaft wirken kann.

Wenn man Stallmist verwendet, so muß dies nach Rösler im Frühjahr, nicht im Winter geschehen. Im letzteren Falle dürfte durch die Erwärmung des Bodens die Reblaus gradezu begünstigt werden, während im Frühjahr die geringen Mengen kohlensauren Ammoniaks, die sich aus dem Dünger entwickeln, schon störend auf die sehr bewegliche, aber auch sehr zarte Frühjahrsgeneration der Läuse einwirken möchten.

Nach dem Düngen ist das Umgeben der Wurzeln mit Sand als durchaus vortheilhaft hinzustellen. Die Rebläuse fliehen nicht den Sand, aber die Weinstöcke entwickeln sich in dem reichlich durchlüfteten Boden mit seiner ungehinderten Sauerstoffzufuhr viel kräftiger. Ebenso nützlich wie die Uebersandung wird sich eine anhaltende, den Untergrund umfassende Bodenlockerung erweisen. Rösler empfiehlt in dieser Hinsicht statt des Ausreißens der erkrankten Stöcke ein Lockern des Bodens durch Sprengung mit Dynamit, der in Form 7—10 löthiger Patronen in 2 m tiefe, je 2—3 m von einander entfernte Bohrlöcher eines Erdbohrers versenkt wird.

Direkt gegen den Parasiten richtet sich das auch mit großem Erfolg angewendete Ueberstauen mit Wasser. Gleich nach Beendigung der Weinlese ist das Unterwassersetzen der Stöcke auszuführen. In der Nähe von Montpellier, wo große Bewässerungsanlagen von Herrn Foucon ausgeführt sind, bleiben die Weinstöcke 30 Tage unter Wasser. Ein bloßes Berieseln hilft nicht.

Betreffs der insektentödtenden Substanzen, die in außerordentlich großer Menge empfohlen und von Rösler der Mehrzahl nach auch geprüft worden sind, äußert sich dieser Beobachter, daß er dieselben mit Ausnahme von dreien alle verwerfen muß. Zunächst ist wegen der Unmöglichkeit einer Berührung des Mittels mit allen Rebläusen und Eiern von allen festen und tropfbar flüssigen Stoffen abzusehen. Von den gasförmigen Stoffen sind die dem Weinstock direkt schädlichen, wie der Schwefelkohlenstoff, Schwefelwasserstoff, schwefelige Säure, phosphorige Säure, Joddampf, Leuchtgas u. dgl. nur mit Vorsicht anzuwenden. Der Dampf von Schwefelammonium scheint den Wurzeln des Weinstockes weniger zu schaden; er wirkt indeß nicht so zerstörend auf den Parasiten und seine Eier, wie dies mit Ammoniakgas allein der Fall ist.

„Dieses und das selbstentzündliche Phosphorwasserstoffgas sind mit Einschluß des Wasserdampfes, d. h. überhaupt einer Temperatur von mindestens 60° C. die gefährlichsten Feinde der Phylloxera vastatrix und verbinden damit den unschätzbaren Vortheil, daß sie der Vegetation des Weinstockes durchaus nicht schädlich sind. Zur Herstellung des selbstentzündlichen Phosphorwasserstoffgases unter gleichzeitiger Entwicklung von Wasserdampf giebt man in jedes der mit Dynamit gesprengten Löcher einige Hände voll frischgebrannten, in nußgroße Stücke zerschlagenen Kalkes; hierauf läßt man mit einer Zange ein kleines Stückchen Phosphor fallen, giebt wieder Kalk und auf diesen wieder Phosphor u. s. f., bis das ganze Loch gefüllt ist; ein zweiter Arbeiter steht mit Wasser bereit und füllt das Loch mit demselben vollends an. Sodann wird das Loch mit einem Holzkeile und einer Schaufel voll Lehm fest verschlossen. Ganz in derselben Weise verfährt man bei der Entwicklung von Ammoniak, indem man entweder eine Handvoll Kalk abwechselnd mit schwefelsaurem Ammoniak einschichtet und die Zwischenräume mit Wasser ausgießt, oder indem man eine Lösung des Salzes in das vorher mit Kalk gefüllte Loch gießt. Rösler zieht den frisch gebrannten Kalk zur Erzeugung des Ammoniakgases der Anwendung der Kalkrückstände bei der Aetzkalibereitung und roher Kalilauge, wodurch allerdings auch noch Kali in den Boden kommt, vor. Die günstigste Zeit zur Vornahme dieser Düngungen ist das Frühjahr, wenn die erste Reblausgeneration auftritt.

Von den seit Veröffentlichung der Rösler'schen Versuchsergebnisse in übergroßer Menge an's Licht getretenen Erfahrungen und Vorschlägen über die Phylloxera greifen wir nur noch einige Ergebnisse der vorerwähnten französischen Commission der Akademie heraus. Bei der Vielseitigkeit der Lebensweise des Thieres haben sich auch die Versuche zur Bekämpfung auf verschiedene, bestimmte Entwicklungsstadien gerichtet und so ist auch dem Aufsuchen des Wintereies eine besondere Sorgfalt zugewendet worden. Die Untersuchungen von Lichtenstein[1]) und Mayet[2]) ergeben, daß man das Winterei nicht da zu suchen habe, wo im vorhergehenden Sommer die meisten geflügelten Thiere sich gezeigt haben. Mayet fand es an denjenigen Stöcken von V. Riparia, welche die meisten Blattgallen aufzuweisen hatten. Thatsächlich zeigte eine durch regelmäßige Blattgallenbildung sich alljährlich auszeichnende Clintonrebe am 16. März unter der Rinde des 2jährigen Holzes sowohl geschlechtlich reife Weibchen als auch am vorderen Rebende rothbraune Wintereier in großer Menge, welche mit ihrem Stielchen zwischen den vorspringenden Rindenriefen (Hartbastzellen?) angeheftet waren. Dreijähriges Holz enthält fast ebensoviel

---

[1]) Sur l'oeuf d'hiver du Phylloxera.

[2]) Sur l'oeuf d'hiver du Phylloxera. — Nouvelles recherches sur l'oeuf d'hiver du Phylloxera.

Eier noch, wie das am reichsten besetzte zweijährige. Die aus den im März gesammelten Eiern hervorgegangenen Jungen wurden von Mayet auf junge Blätter von Clinton gebracht und zeigten sich alsbald eingeschlossen von einer kleinen Galle, in der nach 15 Tagen ungefähr sich geschlechtslose, ungeflügelte Junge vorfanden. Dieser Punkt ist natürlich ungemein wichtig, da in solchen Gegenden mit Stöcken voll Blattgallen kein Rebholz verkauft werden darf und auch alles ausgeschnittene, 2—3jährige Holz verbrannt werden muß. Nächst der Vernichtung des abgeschnittenen Holzes ist eine Entrindung und womöglich noch ein Schutz des stehengebliebenen Rebholzes vorzunehmen. Balbiani[1]) empfiehlt in dieser Beziehung das Bestreichen der Reben mit Theer. Der größte Weinbergbesitzer in Medoc, der Graf de Lavergne, wendet seit Jahren diesen Anstrich, natürlich im Winter, mit Vortheil an. Es sind auch vegetirende Stöcke theils zufällig, theils absichtlich angestrichen worden, ohne daß ein schädlicher Einfluß bemerkbar gewesen wäre. Indeß liegt eine zur Vorsicht mahnende Erfahrung von Cornu[2]) vor. Derselbe fand, daß die Trauben in einem Gewächshause, dessen Spaliere im Frühjahr mit Theerölen gestrichen worden waren, einen intensiven Theergeschmack angenommen hatten. In Perpignan ist auch das Verbrennen der Rinde, oder wohl besser ein Versengen derselben auf dem Stocke durch einen eigens dazu construirten Apparat (Pyrophore) ausgeführt worden.

Henneguì[3]) berichtet darüber nur Vortheilhaftes. Außerdem behaupten die Züchter, daß die angesengten Reben um 14 Tage später austreiben und in Folge dessen vor Spätfrösten mehr geschützt sich zeigten.

Auch für die Vortheile der Uebersandung sprechen neuere Thatsachen; dieselben zeigen, daß in vielen sandigen Gegenden Frankreichs der Weinstock nicht von der Laus angegriffen wird oder daß selbst angegriffene Stöcke nach ihrem Verpflanzen in Sandboden gesund wurden. Saint-André[4]), der in den oben citirten Delegations-Berichten (Compt. rend. XCI und XCII) diesem Gegenstande seine Aufmerksamkeit widmet, führt die günstige Wirkung des Sandbodens auf seine geringe wasserhaltende Kraft zurück und führt Beispiele an, welche beweisen, daß die erkrankten Stöcke alle aus Bodenarten mit großer wasserhaltender Kraft stammen. Die größere Kräftigkeit der Amerikaner führt dieser Beobachter darauf zurück, daß dieselben noch in Bodenarten mit 45 % wasserhaltender Kraft gedeihen, wobei die Europäer schon leiden. Ich selbst erachte diese Angaben für außerordentlich bemerkenswerth, weil ich glaube, daß

---

1) Sur le traitement des vignes phylloxérees par le goudron. Compt. rend. XCV, 1882, No. 14.

2) Absorption par l'épiderme des organes aëriens. Compt. rend. XCV, 1882, No. 12.

3) Observations sur le Phylloxera.

4) Observations sur servir à l'étude du Phylloxera.

thatsächlich der Weinstock mit seinen weiten Gefäßen und seinem lockeren Holzbau ein großes Durchlüftungsbedürfniß hat. Je mehr die Wurzel von Luft umspült wird, desto normaler wird deren Entwicklung. Freilich finden wir bei solchen Stöcken keine Ueppigkeit, aber größere Festigkeit und derbwandigere Membranen.

Von den natürlichen Feinden der Reblaus ist wenig Erfolg für unsere Kulturen zu erhoffen. Lichtenstein erwähnt von Feinden gegen die oberirdische Generation unter den Thieren eine Art Thrips, der sich neben und in den Gallen vorfindet und die Eier sowohl der Weinlaus als auch der auf Eichen hausenden Phylloxeren frißt. Das Marienkäferchen (Coccinelle à vingt-deux points) verzehrt als Larve und als vollkommenes Insekt die Läuse in allen Formen. Beide Thiere sind wenig zahlreich. Häufiger ist die Blumenwanze (Anthocoris nemorum L.), welche in den Reblausgallen angetroffen wird, ebenso wie in denen der Pemphigus-Arten; sie saugt an den Gallen, ist aber ohne Einfluß auf deren Bewohner. Der Blattlauslöwe (Hemerobius) decimirt wohl manchmal die Phylloxera-Bevölkerung eines Blattes, aber schränkt seine Thätigkeit selbst dadurch ein, daß er seines Gleichen nicht um sich duldet, sondern ihn noch lieber als die Blattläuse frißt. Die rothe Milbe (Trombidium sericeum) verzehrt wohl Läuse, aber ist in ihrer Wirkung nicht nennenswerth. Gegen die Wurzelläuse führt Lichtenstein eine kleine Käferart (Scymnus biverrucatus) an, die er aber nur einmal inmitten von Phylloxeren gesehen hat; ferner wird eine Syrphus-Larve angeführt; fast alle Syrphiden oder Schwebfliegen sind Blattlausverzehrer. Unter den pflanzlichen Parasiten haben Cornu und Brogniart einen solchen bei der mit Phylloxera verwandten Tetraneura rubra beobachtet und als eine Art von Cladosporium angesprochen. Auf einem Ei gewahrten die beiden Beobachter eine Pycnidenform, welche sie für identisch mit Sphaeria mucosa erklären. Aber diese Pilzformen, die übrigens auch auf Phylloxera gefunden worden sind, treten erst auf dem todten Thierleibe auf.

Wir halten übrigens alle die Gesammtconstitution des Weinstocks hebende Kulturmethoden für besser, als sämmtliche insektentödtenden Mittel, die ober- oder unterirdisch zur Anwendung kommen. Von diesen sei hier noch einmal des jetzt am meisten verwendeten Mittels, des Schwefelkohlenstoffes gedacht, den Cornu und Mouillefert[1]) von nahezu 80 untersuchten Mitteln doch am empfehlenswerthesten fanden. Ueber die zweckmäßigsten Methoden der Einbringung und Vertheilung in dem Boden sind die praktischen Anleitungen nachzulesen. Hier sei nur erwähnt, daß die Wirkung des Mittels von der richtigen Vertheilung der Löcher im Boden abhängt, damit nicht Stellen übrig bleiben, die von den Dämpfen unberührt sind. Man hat in Frankreich den Arbeitern Stricke mit Knoten gegeben; je 2 Knoten sind um die nöthige Entfernung der Löcher von einander gerückt. Auf diese Weise läßt sich auf unebenem Weinbergsterrain am bequemsten die richtige Entfernung festhalten. Boiteau[2]) empfiehlt besonders die Einbringung des Schwefelkohlenstoffs mit Steinkohlentheer vermischt und zwar im Winter, um die nachgewiesene, schädliche Wirkung des Mittels

---

[1]) cit. Bot. Jahresbericht 1877, S. 509.

[2]) Procédés pratiques pour la destruction du Phylloxera. Compt. rend. LXXXIV, No. 1 u. 6.

auf die Pflanzenwurzel möglichst abzuschwächen. Mit einmaliger Anwendung des Mittels wird nicht immer geholfen sein. Man hat vielfach bemerkt, daß nach der Vernichtung der Thiere im Winter und Frühjahr eine Rückkehr (reinvasion) der Läuse im Juli und August sich zeigte. Die Ursache dieser sog. Rückkehr dürfte meist darin liegen, daß eine Anzahl Läuse der Vernichtung entgangen sind; auch zurückgebliebene Wintereier können neue Generationen zur Einwanderung liefern. Endlich hat Faucon[1]) auch nachgewiesen, daß ungeflügelte Thiere durch den Wind übertragen werden können; er fing im August auf einem mit Oel bestrichenen Papier von 500 qcm binnen einigen Stunden bei windigem Wetter 19 Stück junge, ungeflügelte Rebläuse. Dieser Beobachter hält nebst Boiteau die Ueberfluthung der Stöcke im Winter für das allerwirksamste Mittel. Dumas meint, daß die im Boden befindlichen Luftblasen auch hierbei einzelne Thiere lebendig erhalten könnten, aber Faucon empfiehlt dagegen, die Ueberfluthung länger auszudehnen. Anstatt der vierzigtägigen Dauer sei namentlich bei durchlässigen Bodenarten dieselbe auf 75 Tage zu erhöhen. Zur vollständigen Tödtung aller Thiere gehören sogar 90 und bei sehr tiefgründigem Boden 120 Tage ununterbrochener Bedeckung der Stöcke mit Wasser. Auf solchen tiefgründigen Böden sei aber eine Zerstörung durch Chemikalien überhaupt nicht möglich. — Mehr und mehr greift in den letzten Jahren das Verfahren Platz, an Stelle des Schwefelkohlenstoffs die Sulfocarbonate des Kalium und Natrium zur Anwendung zu bringen; dieselben werden in wässeriger Lösung gegeben und die Kosten (nach Mouillefert 233 Francs pro Hectare) vermindern sich durch den Werth des Kali, das damit dem Boden zugeführt wird, um ungefähr 50 Francs. Der Hauptwerth des Verfahrens beruht gegenüber dem Schwefelkohlenstoff in der jederzeit möglichen, gefahrlosen Anwendung des Mittels, das in Dosen von 150—200 g pro Quadratmeter gegeben werden kann. Leichter sind die Erfolge auf Sand und lehmigem Sand, als auf Kalkboden zu erreichen.

Zum Schluß noch die Bemerkung, daß scharfe, trocknende Winde den Thieren schädlich sind und daß Carvès[2]) die Beobachtungen aus Portugal und Cypern anführt, nach denen die Phylloxera dort verschwunden sein soll, wo Rhus coriaria wuchs. Daß als Schutzmaßregel gegen eine Infektion die staatlich erlassenen Einfuhrverbote von Reben das wirksamste Mittel abgeben, läßt sich nicht leugnen.

In Europa längst bekannt ist Phylloxera quercus auf Eichen. Ich fand in Schlesien auf den goldgelb gefleckten Blättern die geflügelten Thiere im August.

In der Krim soll eine der Cochenille ähnliche Laus (Dactylopius longispinus), welche in manchen Mittelmeerländern die äußeren Theile des Weinstockes mit einer syrup-

---

[1]) Resultat des recherches faites dans le but de trouver l'origine des réinvasions du Phylloxera. Compt. rend. LXXXIX, p. 693.

[2]) Bot. Jahresber. 1879, I, S. 204, Ref. Nr. 74.

artigen Schicht überzieht, auch die Wurzeln befallen und einen ähnlichen Schaden anrichten, wie die Phylloxera (David).

Von den zur Gattung Aphis gehörigen, durch unsere allverbreiteten Rosenblattläuse genügend gekannten Läusen sind als Gallenbildner folgende zu nennen: Aphis gallarum Kltb., welche gallig aufgeblähte, rothe Stengelblätter an Artemisia vulgaris veranlaßt. — Nach Rudow erzeugt A. brassicae bandartige Verbreiterungen des Stengels an Kohl und andern Brassica-Arten. — Aufgeblasene Stengel unterhalb des Blüthenstandes bei Dipsacus silvestris werden der Aphis ochropus Koch zugeschrieben. — A. evonymi Scop. soll Blattrollungen bei Evonymus europaeus hervorrufen. — Auch die Stengelverdickungen bei Humulus Lupulus werden auf eine Aphis oder Psylla zurückgeführt. Jedenfalls aber ist die nicht selten zu beobachtende, übermäßige Vermehrung der Blattläuse bei Hopfen die Veranlassung allgemeinen Siechthums. Die glänzend klebrigen Blätter sind bedeckt mit den weißlichen, oft von Mycel durchzogenen Häuten von Blattläusen, die den Blättern ein mehliches Ansehn geben. Solche Blätter werden von den Praktikern oft als von Mehlthau und Honigthau befallen, bezeichnet. Beide Benennungen decken sich aber nicht mit den wissenschaftlichen Bezeichnungen, da der eigentliche Mehlthau durch einen Pilz (Erysiphe), der eigentliche Honigthau durch zuckerhaltige Blattausscheidung ohne Mitwirkung von Läusen hervorgerufen werden. — Sehr bekannt sind die stark zusammengekrümmten, runzligen, oft roth gefärbten Blätter von Ribes Grossularia, welche durch Aphis ribis L. hervorgerufen werden sollen, aber, wie ich vermuthe, durch einen Exoascus thatsächlich erzeugt werden. — Eine eigenthümliche Mißbildung der Blüthenkätzchen der Weide wird von Rudow der Aphis amenticola Kltb. zugeschrieben. Die Spindel des Kätzchens von Salix alba ist stark verdickt; die Nebenachsen verdickt oder verlängert und statt der Blüthe eine Rosette fleischiger Blattgebilde tragend. —

Psyllodes (Blattflöhe).

Auch die Gattung Psylla fungirt hier und da als Gallenerzeuger. Ps. Alni Htg. soll auf der Erle (Alnus glutinosa) gerstenkorngroße Gallen an der Blattunterseite hervorrufen. — Ps. ledi Fl. bewirkt Deformationen der Blätter von Ledum palustre. — Psylla pyri L. soll kleine, gallenartige Blattausstülpungen an der Birne veranlassen. — Gallenartige, dickwandige Höhlungen auf den Blättern von Rhamnus Frangula und Alaternus L. sollen durch den Stich von Psylla rhamni Schrk. entstehen. Rhamnus cathartica besitzt unscheinbare, kleine Ausstülpungen, ähnlich denen von Berberis, Lactuca muralis u. a., hervorgerufen durch eine Psylla. — Knospengallen in Form sehr verkürzter Stengelrosetten erzeugt Psylla buxi L. an Buxus sempervirens. — An den Blättern von Aegopodium Podagraria L. finden sich flache Ausstülpungen nach der Oberseite der Spreite hin. In der schüsselförmigen Einbuchtung der Unterseite liegt ein Ei einer Psyllode. Bei Chrysanthemum Leucanthemum finden sich ähnliche Blattausstülpungen. An Aposeris foetida zeigt sich eine Deformation durch Psylla, welche wie die von Lactuca aus kleinen Blatteindrücken besteht, die bei größerer Häufung eine Blattverkrümmung und Einrollung bedingen. Leontodon hastilis besitzt höckerige Längswülste aus verflossenen Ausstülpungen, die durch Psylla hervorgerufen werden. Wurzelblätter von Laserpitium Siler L., Blüthen von Cerastium semidecandrum, vulgatum, triviale leiden ebenfalls an Psylla-Gallen.[1])

Eine andere Blattflohgattung (Livia juncorum Str.) deformirt den Blüthenstand von Juncus.

[1]) Thomas: Durch Psylloden erzeugte Cecidien etc. Zeitschr. f. d. gesammt. Naturwiss. von Giebel, 1875, S. 438.

Cicadina (Zirpen).

Unter den der vorigen Gattung nahestehenden Cicaden ist die Schaumcicade (Aphrophora spumaria) als Gallenerzeuger auf dem Wiesenschaumkraut (Cardamine pratensis) zu erwähnen; die Stengel schwellen durch das Saugen an. Die Larven umgeben sich dicht mit Schaum, der aus dem After austritt und als „Kuckucksspeichel" bekannt ist. Eine größere Anzahl von Cicaden veranlaßt durch ihr Saugen und Verfärbung der Saugstellen weiß oder braun marmorirte Blätter bei vielen Kulturgewächsen. Sehr häufig leidet der Hopfen durch Typhlocyba Humuli; man verwechselt die durch das Thier veranlaßte Beschädigung bisweilen mit dem Kupferbrande. Typhlocyba rosae veranlaßt grau marmorirte Rosenblätter; auf dem Wein findet sich T. vitis. Eine Art T. Solani tuberosi Koll. wollte man als Erzeugerin der Kartoffelkrankheit ausgeben. Jassus sexnotatus veranlaßt am Sommergetreide fleckige Blätter. Der Stich der Mannacicade (Cicada Orni) verursacht an der Manna-Esche z. Th. den wohl mit der Gummose vergleichbaren Mannafluß.

Heteroptera (Wanzen).

Unter den Wanzen sind, vielleicht mit Ausnahme der Gattung Laccometopus Fisch., welche an Teucrium in blasigen Erweiterungen der Blüthenstiele gefunden worden ist, keine Gallenerzeuger bekannt. Manche Arten aber dürften durch ihr Saugen die Pflanzentheile ebenso schädigen, wie die Springflöhe. Die bekannteste Gattung dürfte Pentatoma sein, die in mehreren hundert Arten bekannt ist. P. rufipes ist die gewöhnliche, oberhalb graubraune, unterhalb rostrothe Baumwanze. P. (Strachia) oleracea L. ist die auf Cruciferen häufige, metallisch grünschimmernde Kohlwanze. Die blaßgrüne P. juniperina L. findet sich oft auf Juniperus.

g) Acarina (Milben).

Eine der hervorragendsten Rollen unter den Gallenerzeugern nehmen die Gallmilben, die ausschließlich durch die Gattung Phytoptus Duj. (Eriophyes Sieb.) repräsentirt werden, ein. Die Thiere, über deren Entwicklung ein unten folgendes, detaillirtes Krankheitsbild näheren Einblick gewährt, zeichnen sich vor allen andern Gattungen dadurch aus, daß sie stets nur 2 Paar Beine besitzen. Nach den in den letzten Jahren reichlich vermehrten Studien über die Gattung Phytoptus läßt sich jetzt behaupten, daß wahrscheinlich die meisten phanerogamen Pflanzengattungen von diesen Thieren heimgesucht werden können. Ob dabei die einzelnen Nährpflanzen ihre spezifischen Milbenarten haben, ist noch nicht festgestellt, da die Unterscheidung der Thiere auf größere Schwierigkeiten stößt. Es ist wahrscheinlich, daß wir trotz der zahlreichen Wohnpflanzen und der außerordentlich verschiedenen Gallengebilde, welche durch die Thiere erzeugt werden, es doch nur mit sehr wenigen Arten zu thun haben. Selbst die That-

sache, daß an derselben Spezies von Nährpflanzen ganz verschieden gestaltete Milbengallen gleichzeitig beobachtet werden, zwingt nicht zu der Annahme, daß in solchen Fällen auch verschiedene Milbenspezies die Ursache abgeben. Es dürfte sich diese Thatsache einfach dadurch erklären lassen, daß die Milben, die den jugendlich zarten Organen den Vorzug geben, zu verschiedenen Zeiten die grade für ihre Angriffe passendsten Stellen aufsuchen und somit entweder verschiedene Organe oder an denselben Organen verschiedene Gegenden ansaugen. Demnach ist auch die Reaktion des Pflanzentheils auf den durch das Thier veranlaßten Reiz eine verschiedenartige, sich in ganz abweichenden Gallbildungen äußernde. Recht einleuchtend dürfte es z. B. erscheinen, daß das Saugen der Milben an einem ganz jugendlichen Achsenorgan dasselbe derartig irritirt, daß große, knotige Stengelwucherungen entstehen, welche das Material für die Ausbildung der Blätter beanspruchen und auf diese Weise deren Entfaltung nur in höchst kümmerlicher Weise zulassen. Wenn dieselben Milben dagegen später im Jahre auf dieselbe Nährpflanze gelangen, deren Organe nun schon erhärtet und plasmaärmer sind, dann ist derselbe Reiz nur noch im Stande, die Oberhaut der Pflanzentheile zu irritiren und die Epidermiszellen zum haarartigen Auswachsen anzuregen. Es würden unter solchen Umständen nur noch Haarfilze entstehen, wie solche thatsächlich in außerordentlich großer Menge, namentlich bei den Holzpflanzen angetroffen werden. Bei Linden z. B. entstehen durch das Saugen der Thiere an den Blättern im jungen Zustande die sog. Nagelgallen, bei Angriffen auf ein erwachsenes Blatt nur noch die Haarfilze. Die Frage nach der Artverschiedenheit der Milben wird nur durch systematisch fortgesetzte Impfversuche entschieden werden können.

Die Gallenbildungen, welche durch die neueren Forschungen als Produkte der Milben nachgewiesen worden sind, waren von früheren Beobachtern häufig für Pilzbildungen gehalten oder auch auf andere Thiere zurückgeführt und mit verschiedenen Namen belegt worden. Nach dem Vorgange von Thomas und Schlechtendal[1]) verwenden wir die von älteren Botanikern gebrauchten Ausdrücke zur Bezeichnung der verschiedenen Gallformen. Diejenigen Gallen, welche nur in Form abnormer Haarfilze oder Polster auf den Pflanzentheilen (meist Blättern) auftreten, mögen den für Pilze gebräuchlich gewesenen Namen Erineum führen; Cephaloneon mag zur Bezeichnung für sack- oder taschenförmige Blattgallen, Ceratoneon für hornförmige Blattauswüchse dienen. Außer diesen besonders reichlich vertretenen Formen giebt es noch vielfache andere durch Milben verursachte Gallbildungen, welche entweder Uebergänge zwischen den hier erwähnten Gebilden oder auch neue Formenkreise darstellen, die bei der Einzel-

[1]) D. H. v. Schlechtendal: Ueberſicht der bis zur Zeit bekannten mitteleuropäischen Phytoptocecidien und ihrer Literatur. Zeitschr. f. d. ges. Naturwiss., Bd. LV, 1882.

aufzählung speziellere Erwähnung finden werden. Eine Eintheilung der Milbengallen verdanken wir Thomas[1]), der je nachdem die Gallen die seitlichen Organe (Blätter) oder die Achsenspitzen einnehmen, Pleurocecidien und Acrocecidien unterscheidet. Bei den Pleurocecidien bleibt entweder der Körper der Milbe außerhalb der Epidermis oder er dringt durch die Oberhaut in das Innere des Blattgewebes. Bleibt das Thier außerhalb der Epidermis, so kann das Cecidium blos von den Oberhautzellen gebildet werden und stellt dann die früher für Pilze gehaltenen Erineum-Rasen dar oder es nimmt das ganze Blattgewebe an der Gallbildung theil und es entstehen dann Randrollungen und Blattfaltungen. Erstere finden sich beispielsweise an Viola, Evonymus, Tilia, Pirus, Sambucus, Tanacetum, Hieracium, Populus und Salix; Faltungen der Blätter zeigen Carpinus, Clematis, Fagus, Coronilla, Oxalis und Rosa. Hierher gehören ferner die durch ihre punktartigen oder annähernd kreisrunden Angriffsstellen gekennzeichneten, in bestimmter Lage befindlichen Blattausstülpungen in den Nervenwinkeln bei Aesculus, Alnus, Betula, Carpinus und Tilia, sowie Blattdrüsengallen von Populus tremula; eine unbestimmte Lagerung zeigen meist die sich hier anschließenden Formen von Ceratoneon (z. B. Nagelgallen der Lindenblätter) und die Cephaloneon-Arten, wie z. B. die bekannten perlartigen, kleinen, kugeligen Gallen an Acer.

Da, wo die Gallmilbe in das Blattparenchym eindringt, entstehen Pocken oder Pusteln auf den Blättern, wie sie später bei Pirus besprochen werden sollen und wie sie außer auf andern Pomaceen auch noch auf Juglans, Centaurea und Ulmus beobachtet worden sind.

Acrocecidien finden sich beispielsweise in Form weißwolliger Zweigspitzen bei dem Quendel (Thymus Serpyllum). Aehnliche Mißbildungen zeigen Euphrasia, Polygala u. A. Vollständige Verlaubung durch sehr starke Einwanderung der Milben ist beobachtet worden an den Stengeln von Asperula, Campanula Capsella, Echium, Festuca, Galium, Veronica u. A. Eigenthümliche Verzweigungsformen, die bisweilen hexenbesenartige Gebilde darstellen, sehen wir aus befallenen Knospen von Betula, Corylus und Populus tremula hervorgehen.

In der folgenden Darstellung ist das Hauptgewicht auf die Holzgewächse gelegt, weil wir bei denselben die meisten Nutzpflanzen antreffen.

Betreffs der Vertheilung sei noch bemerkt, daß nie oder doch nur in Fällen höchster Erkrankung die Gallen gleichmäßig über den ganzen Baum sich hinziehen; es sind immer nur einzelne Aeste oder Triebe besonders reichlich heimgesucht. Dieser Umstand wird sich durch die schrittweise Ausbreitung der marschirenden Milben erklären lassen, während geflügelte Cecidozoen, wie z. B. Gallmücken die entsprechenden Blätter an den verschiedensten Stellen eines

---

[1]) Thomas: Ueber Eintheilung der Phytoptocecidien. Verhandl. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenburg XIX, 1877 ꝛc., cit. Bot. Jahresbericht 1878, 1, S. 168.

Baumes aufsuchen. Man macht ferner die Bemerkung, daß die diesjährigen, aus der Blattachsel vorjährig befallener Blätter stammenden Triebe wieder reichlich befallen sind; dies kommt daher, daß Phytoptus vorzugsweise hinter den äußeren Knospenschuppen und in dem Winkel zwischen Stengel- und Seitenknospe überwintert. Die innersten Knospenschuppen sind mit wenigen Ausnahmen stets frei von Milben. Solche Ausnahmen bilden die Knospengallen (Acrocecidien) bei Birke und Haselnuß, die weiter unten eingehender erwähnt werden; bei Letzteren beobachtete auch Thomas, daß die Einwanderung in den Ueberwinterungsheerd, d. h. in die neu angelegten, diesjährigen Knospen schon im Juni beginnt. Bei der Vertheilung der Gallen an den Blättern ist häufig auch eine gewisse Gesetzmäßigkeit bemerkbar. So nimmt z. B. bei Sambucus nigra und racemosa die Randrollung der Fiederchen des Blattes an Intensität nach der Triebspitze hin zu; etwas Aehnliches sehen wir bei den Blattrandrollungen von Tilia parvifolia, deren Kurztriebe aber mehr als die Langtriebe leiden. Ueber alle Blätter des Triebes bis zu den jüngsten hin erstreckt sich die Blattrollung bei Populus tremula und die beutelförmigen Gallen bei Prunus Padus; bei Letzterer ist nur das älteste Blatt frei oder spärlich mit Beuteln besetzt. Die Kurztriebe zeigen bei dieser Pflanze und ebenso bei Prunus domestica ein deutliches Maximum der Gallenhäufigkeit an den obersten Blättern. Bei starkwüchsigen Langtrieben scheint manchmal die Entwicklung des Triebes zu schnell für die langsam wandernden Milben zu sein; sie können nicht folgen und die obersten Blätter sind dann gallenfrei; in der Regel sind dies dann auch die erstgebildeten an der Basis, so daß der mittlere Theil des Triebes der am meisten infizirte ist. Dahin gehören die durch Milben erzeugten Haarfilze (Erineum) von Alnus glutinosa, die Nervenwinkelgallen von Alnus, Carpinus Betulus, Tilia grandifolia, die beiden Arten von Gallen (Cephaloneon) bei der Zwetsche (Prunus domestica etc.). Endlich kommen auch Beispiele vor, daß die untersten Blätter am gallenreichsten sind. Bei der Birke (Betula alba) z. B. sind die zierlichen, knotenähnlichen Auswüchse auf dem untersten Blatte der 2—4 blätterigen Kurztriebe ausschließlich oder doch am reichlichsten vertheilt. Wahrscheinlich hängt die Art der Vertheilung von dem Entwicklungsstadium des Baumes zur Zeit der ersten Frühjahrswanderung der Milben ab.

Zur näheren Kenntniß der Entwicklungsgeschichte der Thiere geben wir die Darstellung einer Krankheit, welche durch ihre weite Verbreitung leicht aufzufinden sein dürfte.

Die Milbensucht (Acariasis, Phytoptosis) der Birnbäume.

(Hierzu Taf. XVIII).

Dem unbewaffneten Auge ist die Krankheit durch das eigenthümlich pockige Aussehen der Blätter kenntlich. Diese Pocken stellen kleine, runde oder längliche, oft mit einander verflossene Auftreibungen dar; sie haben an ausgewachsenen

Blättern eine gelblichere Färbung als der gesunde Theil; am jugendlichen Organe sind sie bei einigen Varietäten carminroth, später werden sie überall braun bis schwarz und weniger scharf begrenzt. Das Auftreten der Blattern wird zahlreicher an der Blattspitze und der oberen Blatthälfte beobachtet; jedoch ist die untere Blatthälfte selten ganz verschont. Sehr häufig ist es die Längsregion zwischen Mittelrippe und Blattrand, welche am meisten befallen erscheint; dies ist die Region, die zuerst frei wird, wenn das gerollte, junge Blatt aus der Knospe tritt. Bei sehr starkem Auftreten der Krankheit ist das Blatt seiner ganzen Länge nach pockig. Die einzelne Pocke erscheint zuerst auf der Blattunterseite (Fig. 1 u) erhaben, wenn auch später oft weniger über das Niveau der Fläche hervortretend als auf der Oberseite, wo die Erhabenheit in Form eines an der Spitze abgerundeten Kegels auftritt, während sie auf der Unterseite eine flache Erhebung darstellt, deren Farbe ursprünglich von derjenigen des gesunden Blatttheils nicht abweicht, später gelb oder roth am Rande wird und in der Mitte sich vertieft und braun färbt.

Wenn man eine solche Pocke quer durchschneidet, sieht man, daß die innere Struktur derselben wesentlich von dem normalen Baue (Fig. 1 n) des Blattes abweicht. Der Querdurchmesser der erkrankten Stelle (Fig. 1 g) ist je nach dem Grade der Ausbildung der Pocke verschieden, bisweilen doppelt so groß, als in dem normal gebauten Theile des Birnblattes. In allen von mir beobachteten Fällen ist auf der Blattunterseite die Oberhaut an der Pocke aufgetrieben; in der Mitte dieser Auftreibung findet sich eine meist längliche Oeffnung von etwa $^1/_{10}$—$^1/_8$ mm. Diese Oeffnung (Fig. 1 u) liegt vertieft; die sie umgebenden Ränder sind kraterförmig eingesunken und werden bald braun und trocken. Das Braunwerden der Pocke nimmt von der Mitte aus nach dem Umfange zu und bei Beginn des Johannistriebes sind die Blätter des ersten Triebes, namentlich die unteren, mit großen, schwarzbraunen, rundlichen, etwas aufgetriebenen Stellen auf der Unterseite besetzt, welchen auf der Oberseite des Birnenblattes jene erst gelbgrünlichen, später ebenfalls schwarzen Höcker entsprechen (Fig. 9).

Die Parenchymzellen (Fig. 1 p) stehen im Innern eines normal gebauten Birnblattes ziemlich dicht ohne auffallend große Zwischenräume und zwar liegen diese Zellen im Allgemeinen um so dichter bei einander, je mehr sie sich der Blattoberseite nähern. Ganz anders verhält sich die pockige Stelle: in der Regel ist die unmittelbar unter der Epidermis liegende Parenchymzellschicht, welche rothe Farbstoffkugeln oder gänzlich rothgefärbte Zellsäfte bei einigen Varietäten führt, mit der Oberhaut in die Höhe gehoben (Fig 1 r).

Die von dieser Zellschicht aus noch mehr nach innen gelegenen Parenchymzellen (Fig. 1 p') sind bedeutend, oft fast fadenförmig verlängert und zwar in verschiedenen Richtungen verlängert, so daß sie ein aus abwechselnd großen Zellen gebildetes Gerüst darstellen, das weite Höhlungen zwischen sich läßt. Durch

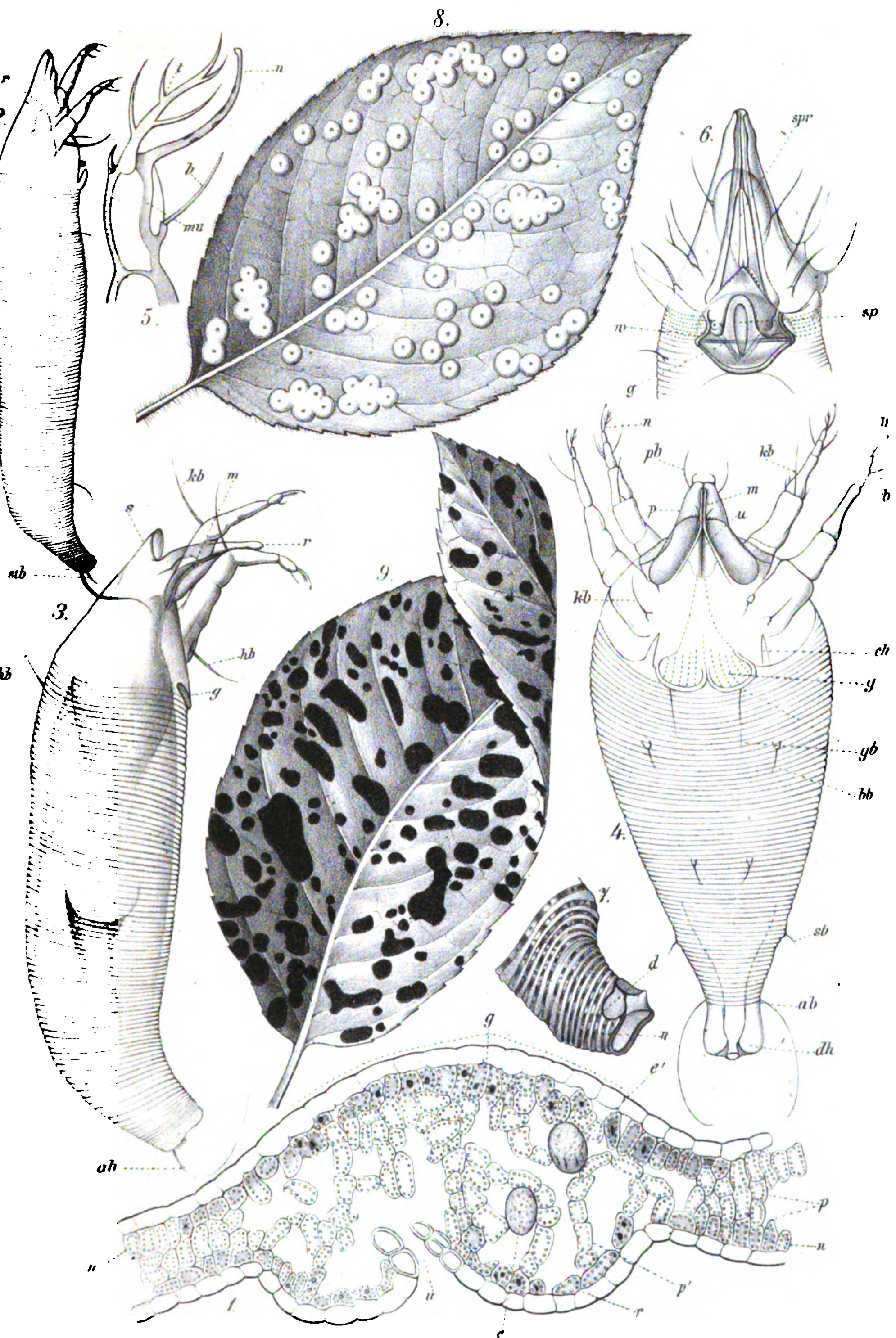
dieses Auswachsen der Zellen des Blattinneren entsteht jene pustelartige Erhabenheit, die dem bloßen Auge zunächst auf der Unterseite der kranken Birnenblätter entgegentritt. In vielen Fällen zeigt sich diese Pustel oder Galle blos auf der Unterseite als Erhabenheit. Dann sind nur diejenigen Zellen des Blattinneren, welche der Epidermis der Blattunterseite näher liegen, ausgewachsen; in ebenso vielen Fällen dagegen strecken sich auch die der Blattoberseite nahe liegenden Parenchymzellen und treiben die obere Epidermis auf.

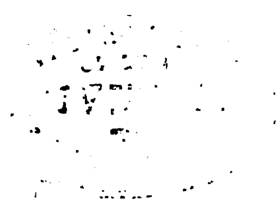
Wir haben es somit hier mit einer Galle zu thun, bei welcher eine eigentliche Neubildung von Zellen sehr wenig oder vielleicht gar nicht stattfindet und bei der auch nicht das so häufige Auswachsen der Oberhautzellen zu Haaren eintritt, sondern einfach eine Verlängerung einzelner Zellen des Blattinneren und dadurch eine außerordentliche Erweiterung der Zwischenzellräume zu großen Höhlungen sich zeigt.[1])

---

[1]) Bezüglich der Entstehung der Galle bin ich nicht in's Klare gekommen, ob das Thier mit seinen Mandibeln immer eine Zelle ansticht oder auch zwischen zwei Epidermiszellen einbohrt. Die ersten Oeffnungen, welche die Blattunterseite zeigt, erscheinen oft wie durch einfaches Auseinanderweichen der Zellen gebildet, die nur vergrößert, aber in ihren Wandungen nicht verletzt sind. Bei andern Oeffnungen glaube ich deutlich Zellwandfetzen erkannt zu haben. In beiden Fällen wird der Galleneingang sich bilden können. Bohrt das Thier zwischen den Epidermiszellen ein, so wird an dieser Stelle eine Störung des Zusammenhanges der Epidermis stattfinden. Die Epidermiszellen befinden sich aber, da das angestochene Blatt stets noch jung und in Streckung begriffen ist, in einem Zustande passiver Dehnung durch die Ausbildung des Blattdiachyms. Ist der Widerstand, den die Epidermis durch ihre Continuität ihrem Gestrecktwerden entgegensetzt, an einer Stelle aufgehoben, also ein Loch entstanden, so wird dasselbe durch die vermehrte Ausdehnung des sich streckenden Diachyms vergrößert werden. Ebenso wird ein Loch entstehen, wenn eine Zelle selbst durch das Thier verletzt und ihr Inhalt alterirt wird; die Zelle wird allmählich absterben, ihre nicht mehr dehnbaren Wandungen können dem Zuge durch das sich vergrößernde, darunter liegende Diachym nicht mehr durch Ausdehnung wie die übrigen unverletzten Epidermiszellen folgen und werden zerreißen. Ist die Oeffnung einmal vorhanden und somit die Spannung der Epidermiszellen in der Umgebung ziemlich aufgehoben, so wird der durch den Stich des Thieres hervorgerufene Reiz und damit verbundene Saftzufluß sich in einer allseitigen Vergrößerung der die Oeffnung umgebenden Zellen äußern. Dies ist der Fall.

Die Spannung, welche die Epidermis erleidet, muß sich aber gleichzeitig durch senkrechten Druck auf das Blattinnere geltend machen. Wird die Spannung an einer Stelle aufgehoben, so ist auch der Druck auf die Zellen des Blattdiachyms aufgehoben und dasselbe dehnt sich nun in der Richtung des geringsten Widerstandes und hebt die Epidermis über das gewöhnliche Niveau heraus. Daher das fadenartige Auswachsen der Zellen in der Richtung der verletzten Unterseite. Das „Fliehen der Gallenbildung" d. h. die Ausstülpung des Gewebes nach der der Verletzungsstelle entgegengesetzten Blattseite, erkläre ich mir nicht wie Thomas (Bot. Zeit. 1872, S. 286) durch einseitig verminderten Intercellulardruck in Folge des Saugens einer Milbe an einer Zelle, da ich nicht annehmen kann, daß das Mutterthier, das sich in das Blattinnere eingräbt, an allen den auswachsenden Zellen gesogen habe; ich glaube vielmehr folgende Erklärung für zureichend. Durch die


8.
9.
3.
4.
5.
6.
7.



in die Galle eindringende Luft werden die Zellwandungen, die unmittelbar mit der Luft in Berührung kommen, erhärten und vielleicht mehr cuticularisirt. Dieser Vorgang wird bei denjenigen Zellen, welche der Blattoberseite näher und noch in seitlichem Zusammenhange mit einander stehen, zunächst nur an demjenigen Theile der Zellwand stattfinden, welcher nach der Gallenöffnung, also nach der Blattunterseite zu gelegen ist.

Der durch den Saftzufluß sich steigernde Turgor wird die Zellwände, die noch nicht durch Berührung mit der Luft stark erhärtet sind, d. h. die nach der Oberseite hingewendeten, ausdehnen und auf diese Weise entsteht die Auftreibung der Oberseite. Ist eine solche Galle in der Nähe des Blattrandes, dann ist auch der seitliche Widerstand, den die sich ausdehnenden Diachymzellen finden, nicht gleich, sondern, da in der Richtung der Breitenausdehnung der Blattfläche nur wenige Zellen bis zum Blattrande noch stehen, an dieser Seite der Widerstand geringer, als von der soliden Zellmasse aus, die auf der andern Seite der Galle nach der Mittelrippe hin liegt. In Folge dessen dehnen sich die Zellen der Galle nicht nur nach der Oberseite, sondern auch nach der Randseite hin aus und der Blattrand rollt sich dadurch nach unten um.

Wenn man im Mai diese Gallen genauer durchmustert, findet man in den einzelnen Höhlungen grau erscheinende, schwach ovale Körper von 0,042 bis 0,055 mm Länge und 0,037—0,045 mm Breite (Fig. 1 e'). In einzelnen Fällen waren die Dimensionen noch etwas größer.

Der Inhalt war dann heller, gleichmäßiger, zusammenhängender, unregelmäßig eingeschnürt, während bei den kleineren Formen der Inhalt flüssiger und durch zahlreiche Fetttropfen verschiedener Größe getrübt erschien. Diese ovalen Körper stellen die Eier der Milbe (Phyt. piri Pag.) dar, welche die Krankheit der Birnenblätter verursacht.

Die Milben sind dem bloßen Auge nicht sichtbar; unter der Lupe erscheinen sie als weiße, bei durchfallendem Lichte braune, meist walzenförmige Thierchen (Fig. 2) von verschiedener Größe. Die größten Thiere, welche ich zu beobachten Gelegenheit hatte, waren durchschnittlich 0,19 mm lang und 0,05 mm breit (nur vier Thiere von 0,25 mm Länge und 0,05 mm Breite wurden einmal im Nov. gefunden), wenn man die nach vorn ausgestreckten vier Beine mit zur Körperlänge rechnet. Ihr Körper ist quer geringelt und zwar lassen sich 50—80 Ringe auf der ganzen Körperlänge zählen. Der kurze Kopf scheint aus einem kegelförmigen Rüssel (Fig. 2 und 3 r) zu bestehen, in welchem sich zwei klingenartige, äußerst feine, braune, harte Lamellen (Fig. 3 m, [schematisch] Fig. 4 m) über einander gelegt, als die eigentlichen Mundtheile vorfinden. Unter zahlreichen Beobachtungen gelingt es nur in wenigen Fällen, diese Lamellen durch Druck aus einander zu bringen, so daß sie scheerenartig über einander greifen. In der Mehrzahl der Fälle stellt sich dieses Organ als einfacher, brauner, im Bogen etwas nach unten gekrümmter, nadelartiger Körper dar. Noch schwieriger ist der Bau des sog. Rüssels zu erkennen. Derselbe besteht nämlich aus zwei unterhalb der Vorderbeine entspringenden, etwas kegelförmigen, wahrscheinlich dreigliedrigen Palpen (Fig. 4 p), deren letztes Glied an der der anderen Palpe zugewendeten Innenseite röhrenförmig ausgehöhlt, und an der Spitze mit einem kegelförmigen, sehr kurzen Fortsatz mit kurzer Borste versehen ist. Diese beiden Palpen liegen dicht gegen einander gepreßt, entweder vorwärts gestreckt oder nach unten gerichtet über den klingenartigen Mundtheilen, während die eigentliche direkte Fortsetzung der oberen Körperfläche als gleichschenkliges, vorn abgerundetes Dreieck bis an das Ende des ersten Palpengliedes reicht. In dem Falle nun, daß das Thier auf der Seite liegt, so daß man wahrnimmt, wie stark der ganze Körper von oben nach unten zusammen-

gedrückt erscheint und wenn der aus den Palpen gebildete Rüssel nach unten gerichtet ist, erkennt man das Ende der oberen Körperfläche als einen den Kopf deckenden, vorspringenden Chitinschild (Fig. 3 s).

Die klingenförmigen, braunen Mandibeln erscheinen an ihrer Einfügungsstelle in die abgestutzt dreieckige Unterlippe (Fig. 4 u) etwas zwiebelförmig angeschwollen.

Unmittelbar hinter der Unterlippe liegen die vier gleichlangen Beine, die, ausgestreckt, etwa 0,01 mm über die Rüsselspitze hinausragen. Die Beine erscheinen sechsgliedrig, seitlich zusammengedrückt, auf der Unterseite schwach zähnig gerandet und ungefärbt, in ihrer Gesammtlänge etwa 0,038—0,05 mm messend. Bei der Bewegung unterscheidet man eigentlich nur drei Theile: ein Hüftglied mit Oberschenkel, einen Unterschenkel und das Tarsenglied; das Kniegelenk ist das beweglichste. Die Bewegung der Beine findet vorzugsweise in der Vertikalebene statt. Ganz charakteristisch vielleicht dürften die Beinborsten erscheinen. Auf der Kniescheibe der Vorderbeine steht eine senkrecht nach oben gerichtete, am gewöhnlich gekrümmten Beine starr nach vorn gerichtete Borste (Figg. 3 und 4 kb). Ebenso zeigt das letzte Glied aller Beine eine nach außen gerichtete Borste (Figg. 4 und 5 b), nach deren Ursprungsstelle hin deutlich die Abzweigung eines Beinmuskelstranges (Fig. 5 mu) beobachtet worden ist.

Die Fußspitze besteht aus einem gekrümmten, seitlich zusammengedrückten, nach außen gerichteten, an der Unterseite sehr schwach gezähnten Nagel (Fig. 5 n), der an seiner Spitze leicht knopfförmig verdickt ist. Geschützt von diesem, wie es scheint, unbeweglichen Nagel liegt die gefingerte, fünf- oder siebenschnittige[1]) Tarse (Fig. 5 t), welche nach dem Nagel hin beweglich und mit ihrem starken Stielende ziemlich weit in das letzte Beinglied hinein sichtbar ist. An einigen Präparaten war die gefiederte Tarse ganz an die innere Nagelfläche angedrückt; dagegen aber das Ende des die Tarse tragenden Beingliedes polsterförmig nach außen gezogen, und schien als Haftblase zu fungiren.

An den Beinen ist noch eine Borste regelmäßig vorhanden; dieselbe liegt auf der Unterseite des Hüftgliedes eines jeden der vier Beine und ist meist nach außen gerichtet (Figg. 3 und 4 h b).

Unmittelbar unter der Einfügungsstelle der Hinterbeine liegt der Geschlechtsapparat in Form einer nach unten sich öffnenden Hautklappe (Figg. 3 und 4 g). Dicht unter dieser Hautklappe liegt jederseits von der Mittellinie eine kürzere Borste (Genitalborsten) (Fig. 4 g b); ungefähr in der Mitte der ganzen Körperlänge, etwas weiter von einander entfernt, ist wiederum jederseits eine Borste auf der Bauchseite erkennbar (Fig. 4 bb); im letzten Körperdrittel liegt an jedem Seitenrande des von oben nach unten zusammengedrückten Thieres ebenfalls noch eine Borste (Seitenborste) (Fig. s b). Endlich erscheinen auf dem hintersten, etwas verschmälerten, nach unten umgeschlagenen Theile zwei sehr lange, peitschenförmige, etwa $^1/_8$ der ganzen Körperlänge messende Borsten (Analborsten) (Figg. 3 und 4 a b), welche nach hinten und unten gerichtet sind. Zwischen diesen befinden sich noch etwas dem Körperende näher gerückt, zwei sehr kurze, steife Borsten (Fig. 2 s t b).

Letztere beiden Borstenpaare gehören schon der Oberseite des Thieres an, sind aber stets nach unten gerichtet. Das letzte Borstenpaar findet sich auf dem Rücken etwa in der Höhe, in welcher der Genitalapparat auf der Bauchseite beginnt; sie mögen Schulterborsten (Fig. 2 sch b) heißen; hier beginnt die Körperringelung, welche an den peitschenförmigen Borsten endigt. Das hinterste Bauchborstenpaar entspringt auf dem siebenten Ringe, vom After aus gerechnet, das mittlere, näher an einander gerückte Paar von

[1]) Die außerordentliche Zartheit des Organs ließ mich über diesen Punkt zu keiner bestimmten Ansicht kommen, bei einigen Thieren sah ich genau nur fünf Abschnitte.

Bauchborsten auf dem 18. oder 19. Ringe von hinten; zählt man etwa 17 Ringe von der Schulterborste an nach hinten, so findet man den Leibesring, auf welchem das auf die Genitalborsten folgende Bauchborstenpaar steht. (Kleine Abweichungen von diesen Durchschnittszahlen kommen vor.)

Sämmtliche Borsten entspringen von stumpfkegelförmigen, kurzen Hervorragungen des Körpers; die Mehrzahl derselben ist stets vorhanden; die Schulterborsten und ein Paar Bauchborsten habe ich dagegen bei manchen Thieren nicht finden können.

Es wurde oben erwähnt, daß die Thiere meist walzenförmig sind; dies ist nur bedingungsweise richtig, indem zu verschiedenen Zeiten mehr oder minder häufig eine zweite Form auftritt, deren Körpergestalt etwa eine spitzeirunde ist (Fig. 4). Die größte Breite liegt in dem vorderen Körperdrittel (in der Gegend des Genitalapparates), von da aus spitzt sich das Thier kegelförmig nach hinten zu.

Ich halte diese Form für das entwickelte männliche Thier. Die Schulterborsten sind hier stets vorhanden; am letzten Gliede des vorderen Beinpaares entspringen nahezu in derselben Höhe wie die obenerwähnte, aber etwas mehr nach der Innenseite zu, je eine Borste, die wie die erste über die Fußspitzen hinaus greift. Die den Rüssel bildenden Palpen haben auf ihrem letzten Gliede je eine senkrecht nach oben stehende, in natürlicher Lage nach vorn gerichtete Borste (Fig. 4 pb).

Die längsten Thiere, welche ich von dieser Form beobachten konnte, waren 0,195 mm lang mit ausgestreckten Beinen, also wenig kürzer, wie die walzenförmigen; der eigentliche Körper von der Rüssel- bis zur Schwanzspitze war dann 0,167 mm lang. Die Länge der ganzen Beine von der Ansatzstelle derselben an betrug 0,045 mm (bei den walzenförmigen Thieren nur 0,038 mm und wenig darüber), ihre Schenkeldicke 0,01 mm und das letzte Beinglied 0,0025 mm. Die größte Körperbreite, die, wie schon erwähnt, in der Gegend des Genitalapparates unmittelbar hinter den Beinen eintritt, beträgt 0,068 mm, also $^2/_5$ der eigentlichen Körperlänge, während sie bei den walzenförmigen etwa (Fig. 2) nur $^1/_4$ beträgt. Der Schwanz- oder Aftertheil ist 0,015 mm breit.

Wenn man das von oben nach unten ebenfalls stark zusammengepreßte Thier von der Seite betrachtet, sieht man, daß der Rücken bei durchfallendem Lichte braun bis dunkelbraun, der Bauch dagegen hellbraun bis weiß ist und sich ziemlich plötzlich in das Afterende verdünnt. Wenn dieses durch Rollen des Thieres unter Deckglas und durch Druck vollständig flach gelegt wird, erscheint es fast cylindrisch, etwa 15 Körperringe umfassend (Fig. 7), in zwei fleischige, den Nachschiebern vergleichbare Fortsätze auslaufend (Fig. 7 n), die zwischen sich eine feine innere Haut (Fig. 7 d) sehen lassen; diese halte ich für das Ende des Darmkanals. Die Körperhaut ist bei den Thieren von der ersten Häutung an quergeringelt und zwar kommen etwa 50—80 Ringe auf die ganze Körperlänge. Bei schräger Einstellung erkennt man deutlich, daß jeder Ring aus dicht bei einander stehenden, kegelförmigen Warzen gebildet ist, wie dies Fig. 7 andeuten soll. Die Ringelung des Körpers geht bei den eiförmigen Thieren auf der Bauchseite bis an den Geschlechtsapparat; auf dem Rücken ebenfalls nur soweit, daß die tiefste Stelle des (von der Rüsselspitze aus gesehen) concaven Bogens in gleicher Höhe mit dem Ende der Hautklappe liegt, welche auf der Bauchseite den Genitalapparat deckt. Dadurch entsteht auf dem Rücken ein plattes, an zwei Stellen ein wenig in die Höhe gezogenes Chitinschild[1]), das nach dem Kopfende zu sich in den vorerwähnten, den Rüssel deckenden, abgerundet dreieckigen Fortsatz ver-

[1]) Zweimal sah ich dieses Schild an seinem hinteren Rande gespalten, wie die Fig. 4 ch, ein von der Bauchseite gezeichnetes Thier, durchschimmern läßt. Möglicherweise ist diese Spaltung aber auch durch den Druck auf das in Kalilauge liegende Thier entstanden.

längert. Auf den zwei in die Höhe gezogenen Stellen des Chitinschildes stehen die beiden Schulterborsten. Diese Decke habe ich bei den walzenförmigen Thieren bisher nicht finden können.

Unter der geringelten Chitindecke scheint sich eine zellige, innere, äußerst zarte Auskleidung zu befinden. Die Zellen sind durch gegenseitigen Druck eckig geworden und zeigen, wenn ich nicht irre, einen Kern. Vielleicht sind es Fettzellen, da sie sich durch Ammonial lösen. Am deutlichsten erkennbar zeigten sich diese Fettmassen an denjenigen Körperstellen, die keine Querringelung hatten.

Der Geschlechtsapparat besteht bei beiden Formen des Thieres aus einer nach unten sich öffnenden, etwa planconvexen Hautklappe an dem Bauche, unmittelbar unter dem hintersten Beinpaare. Bei den walzenförmigen (weiblichen) Thieren ist der untere, äußere Umriß ein einfacher Halbkreis, der an seiner Befestigungsstelle beiderseits etwas vorgezogen ist, so daß die Form der Klappe etwa einer halben, längs durchschnittenen Citrone gleicht (Fig. 6 g). Bei der spitzeirunden (männlichen) Form ist diese Hautklappe meist zweilappig.

Die Ansatzstelle derselben ist weniger scharf markirt als bei dem walzenförmigen Thiere, bei welchem allein deutlicher einige Einzelheiten beobachtet werden konnten. Der Theil des Körpers, welcher zwischen der Ansatzstelle der Klappe und der Einfügungsstelle der Hinterbeine liegt, ist etwas ausgebaucht und wellig quergestreift bis zu den Hinterbeinen. Bei der Flächenansicht erscheint dieser Theil wie eine zweite obere Klappe und die Ansatzstelle der unteren kann man dann für die Berührungsfläche beider Klappen halten. Bei den auf einer Seite liegenden Thieren glaube ich mich aber von der Anwesenheit nur einer einzigen nach unten sich öffnenden Klappe überzeugt zu haben. Bei den walzenförmigen Thieren zeigt sich der innere Geschlechtsapparat als eine in der Regel geschlossene, bisweilen biconvex geöffnete Längsspalte (Fig. 6 sp), die sich bis zur querovalen Form erweitern kann. Diese Längsspalte ist von einer starken Leiste, einem Muskelringe umgeben, der zum größten Theil von dem geringelten, als scheinbar obere Klappe bezeichneten Körpertheil gedeckt wird. Die Längsspalte erstreckt sich im geschlossenen Zustande in der Mittellinie des Thieres bis zu der Körperhöhe, wo auf den Hinterfüßen die Hüftborsten entspringen. Der obere, nicht immer deutlich erkennbare Muskelbogen, welcher die vagina begrenzt, geht von zwei kegelförmigen, geschweiften Fleischwarzen (Fig. 6 w) aus, welche auf ihrer Spitze, wie es mir scheinen will, eine Oeffnung, vielleicht das Ende eines Ausführungsganges, haben.

Sehr schwierig zu erkennen ist der Speisekanal; derselbe erscheint als die Fortsetzung einer engern Röhre (Fig. 6 spr), die am Kopfe in einen muskulösen Ring endigt, nach hinten zu, kurz vor der Gegend der Geschlechtsorgane sich erweitert, als weiter, kaum erkennbar begrenzter Sack unterhalb der Genitalien wieder sichtbar wird, sich in der Gegend des letzten Körperdrittels einmal einschnürt und von da sich allmählich als deutlich längsfaltiges Organ verengt, um an der Aftermündung, wie ich glaube, wieder mit einem muskulösen Ringe zu schließen (Fig. 4 dk). Ueber den Genitalien habe ich diesen Sack noch nicht erkennen können, vermuthe aber, daß man bei Auffindung passender Reagentien hier noch mehrere Organe finden wird.

Der Speisekanal nähert sich mehr der Rückenfläche des Thieres, während der Eierstock die Bauchseite einnimmt. Eine Beschreibung des letzteren Organs vermag ich nicht zu geben, da ich denselben im Innern des Thieres nicht erkannt habe. Bei zwei lebenden Thieren gelang es, ein entwickeltes und ein weniger entwickeltes Ei aus der vagina herauszupressen; das Letztere erschien umschlossen oder wenigstens im Zusammenhange mit einem röhrenförmigen, sich nach hinten etwas erweiternden, sehr fein quergestreiften, einmal oder zweimal knotig angeschwollenen Organ, das sich in der Körperhöhlung verlor. Dieses Organ betrachte ich als Eierstock.

Daß die runden, mit grauem, undurchsichtigem, körnigem, meist fetthaltigem Inhalte versehenen Körper, die in zahlreichen, walzenförmigen Thieren und noch zahlreicher neben solchen Thieren im Mai sowohl auf den Blättern von Pirus (die freien Eier im Innern des Blattes), als auch (von wahrscheinlich anderen Arten) in den verbildeten Knospen von Corylus und in den Nagelgallen, sowie in den umgeschlagenen Blatträndern von Tilia aufgefunden wurden, wirkliche Eier sind, dürfte daraus hervorgehen, daß neben denselben die jungen Thiere beobachtet worden sind. Einmal sah ich ein solches junges Thier, dessen eine Längshälfte des Körpers noch von einer Haut, der graukörnige, in Ammoniak lösliche Masse anhing, umschlossen war. Von der Umwandlung des Ei-Inhalts ist nur die obenerwähnte Form gefunden worden mit gleichmäßig lichtbrechendem, von der Wandung etwas zurückgezogenem, gefurchtem Inhaltskörper.

Die jungen Thiere, die frei im Innern der Blattgalle liegend gefunden wurden, sind wenig größer, als ein großes Ei, stark lichtbrechend, noch nicht braun gefärbt und noch nicht quergeringelt, aber sonst wie die älteren Thiere gebaut. Man bemerkt schon den starken, an der Spitze knopfförmig verdickten Nagel, die Borsten an den letzten Beingliedern, die Knieborsten der Vorderbeine, die zwei peitschenförmigen Schwanzborsten, die hier halb so lang wie das Thier sind und zwischen ihnen die zwei kurzen starren Borsten. Der Rüssel ist ebenfalls aus zwei Palpen gebildet, deren Rand verdickt erscheint.

Von diesem Zustande aus macht das Thier noch im Innern des Birnblattes mehrere Häutungen durch, wobei es sich allmählich vergrößert. Daher findet man verschiedene Größen häufig bei einander, namentlich die von 0,09 bis 0,13 mm neben den abgestreiften Häuten. Die größeren Exemplare erhält man bei dem Abschütteln der Blätter auf den Objektträger. Bei solchen gelingt es, durch Behandlung mit schwachem Alkohol Zustände zu erhalten, die der natürlichen Häutung sehr nahe kommen dürften. Es zieht sich dann der Kopf aus seinem Hautskelett heraus, indem die Milbe sich zusammenzieht, so daß innerhalb des ursprünglichen Thieres ein neuer Kopf sichtbar wird. Auch das Afterende zieht sich von der alten Haut zurück, die nur eine kurz geschlossene Längsspalte an Stelle der Afteröffnung zeigt.

Wahrscheinlich zieht sich das Thier im Leben ebenso zusammen und dehnt sich mit vermehrter Gewalt aus, bis die alte Haut abgesprengt ist. In dieser alten Hülle bleiben sämmtliche Borsten zurück; die neuen liegen dem Körper angeschmiegt schon fertig unter der abzustreifenden Haut.

Wie oft ein Thier sich häutet, bis es geschlechtsreif wird, ist unbekannt; es dürfte jedoch kaum zu oft geschehen, da man schon ziemlich kleinen Exemplaren mit reifen Eiern begegnet. Es fanden sich z. B. unter den Thieren auf den Linden und auf Birnen geschlechtsreife Exemplare von 0,15 mm.

Die Thiere sind das ganze Jahr hindurch zu finden. Im Laufe des Sommers, vom Monat Mai ab, finden sich die verschiedenen Altersstufen,

welche nur durch ihre Körperlänge variiren, im Innern der Blattgallen und gleichzeitig laufen geschlechtsreife, walzenförmige Exemplare auf der Blattunterseite frei umher. Im Winter habe ich dieselben in Knospen von Zweigen gefunden, die kurz vorher eine Kälte von 18 ° R. ausgehalten. Nachdem die Knospen einen Tag im Zimmer waren, zeigten bereits einzelne Thiere eine träge Bewegung. Sie scheinen überhaupt sehr zähes Leben zu haben, denn Exemplare, welche 20 Stunden in verdünntem Glycerin gelegen, bewegten noch die Beine. Die Bewegung ist trotz des scheinbar unpraktischen Baues eines langen Hinterleibes zu den vier unterhalb des Kopfes stehenden Beinen eine ziemlich schnelle. In der Regel laufen die Thiere in gerader Richtung, wobei sie das Schwanzende nachziehen; bei einer Wendung bedienen sie sich häufig des Afterendes, das in der Ruhe seitlich nach unten geschlagen ist, als Stütze. Je nach dem Bedürfniß ist das Spiel ein wechselndes. Bald heben sich die beiden Vorderbeine und dann die Hinterbeine gleichzeitig, bald das rechte Vorderbein und zugleich das linke Hinterbein. Die meisten geschlechtsreifen Thiere fanden sich im Mai und Anfang Juni. Begattung und Eierlegen erfolgt also die ganze warme Jahreszeit hindurch, ist jedoch im Frühjahr am häufigsten. Bei der Begattung legt sich das Männchen mit dem Bauche an den Bauch des Weibchens; ich schließe dies aus zwei beobachteten Fällen, in denen ein kürzeres, dunkleres Thier auf einem längeren lag, dessen vagina weit geöffnet, einmal fast kreisrund, das zweite Mal queroval erschien. Der Versuch, die Thiere durch Rollen und Drücken unter Deckglas von einander zu bringen, gelang nur einmal, wobei aber auch das männliche Glied wahrscheinlich in der vagina stecken blieb und eine fadenziehende, von fetthaltigem Körperinhalt umgebene Masse aus dem Männchen herausgerissen wurde. Der Bau des männlichen Organs ist mir daher nicht deutlich geworden. Ich halte es für ein dickwandiges, kegelförmiges Rohr, dessen äußerste Spitze ein wenig angeschwollen ist. In einigen Fällen erschien es mir, als läge unter der in der Längsrichtung punktirten Klappe ein kurzer steifer, nach oben gerichteter, cylindrischer Körper, dessen Basis sich plötzlich sackartig erweiterte. Mehr als zwei Eier habe ich gleichzeitig in einem Thiere nicht mit Gewißheit unterscheiden können. Das der vagina zunächst liegende war das ausgebildetste und nahm fast die ganze Körperdicke ein. Bei einer Breite des Thieres von 0,042 mm in der Gegend des Geschlechtsapparates und einer Länge von 0,15 mm hatte der Körper unter der vagina an der Stelle, welche das reife Ei enthielt, eine Breite von 0,038 mm und das hier kreisrunde Ei einen Durchmesser von 0,032 mm.

Die jüngeren Thiere scheinen in der Galle zu verbleiben und von dem Inhalte der dünnwandigen Parenchymzellen des Blattinneren zu leben, bis dasselbe braun und schwarz wird und abstirbt. Um diese Zeit verläßt eine Anzahl der Thiere den schützenden Aufenthalt durch die im Verhältniß zur Körper-

breite große Ausgangsöffnung auf der Blattunterseite. Die überwinternden Milben bohren mit ihren Mandibeln die Epidermiszellen an, wenn das Blatt noch in der Knospe oder eben erst aus derselben herausgetreten ist. Die angebohrte Zelle stirbt [1]), wobei ihre sehr dünne Membran zerreißt; unterdeß dehnen sich die übrigen Epidermiszellen passiv weiter durch die Ausdehnung des darunter liegenden Parenchyms, das an dieser Stelle vom Drucke der sonst gespannten Epidermis theilweis befreit, senkrecht zur Blattfläche in die Höhe wächst, die Epidermiszellen in der Umgebung der Verwundung in die Höhe treibt und auf diese Weise die pustelförmige Erhabenheit erzeugt. In den meisten Fällen wird nicht nur die Epidermis, sondern auch eine größere Anzahl der unmittelbar unter dieser liegenden Zellen in die Höhe gehoben, wobei man in einigen Zellen den protoplasmatischen Inhalt kugelig geballt sieht. Später findet man in dieser Zellschicht den rothen Farbstoff häufig in soliden Kugeln, während er in den Epidermiszellen als gefärbter Zellsaft auftritt, aus dem bei Einwirkung von Wasser nicht selten ein blau-körniger Niederschlag erfolgt. Durch diese Zellschichten vorzugsweise, aber nicht ausschließlich, wird die rothe Färbung des milbenführenden Blattes bedingt. Es giebt viele Fälle, in denen das ganze Blattgewebe von der Unterseite beginnend bis zur Oberseite hin durch die Verletzung der Milben alterirt wird. Dann ist die Epidermis der Oberseite ebenfalls blasig aufgetrieben, wie schon oben erwähnt, und bei vielen Birnenvarietäten roth gefärbt. In sehr stark erkrankten Blättern erscheint bisweilen die halbe Oberseite roth. Auch hier erstreckt sich die rothe Färbung vorzugsweise auf die Epidermiszellen; im Blattinneren auch auf die unmittelbar unter der Epidermis liegenden Parenchymzellen und die Gefäßbündelscheide. Die an Chlorophyll reichen Zellen sind selten gefärbt.

Da ich an sehr jugendlichen Blättern nur meist kleine Eingangsöffnungen gesehen und in den Querschnitten keine Eier aufgefunden, so vermuthe ich, daß die ersten Anfänge der Gallen durch den Stich der überwinterten Milben entstehen. Erst dann, wenn die Galle durch das Blattwachsthum sich ausdehnt und die Eingangsöffnung größer wird, dürften die Milbenweibchen hineinwandern und ihre Eier ablegen.

Die Ueberwinterung der Thiere geschieht in den Laub- und Blüthenknospen der einjährigen Zweige. Die trockenen, gebräunten, nur noch an der Basis fleischig angeschwollenen und dann grün- oder rothgefärbten, äußeren Knospenschuppen tragen auf ihrer Innenseite einen dichten, reichen Filz schon gelbwandig gewordener Haare. Zwischen diesen liegen die Thiere, die mit ihrem Kopfe häufig an einer Epidermiszelle oder einem Haare, wahrscheinlich vermöge der Mandibeln, fest haften, in Kolonien bis zu 17 Stück. Die Beine sind dann aufgestützt, der Rüssel nach unten gerichtet, die denselben bildenden Palpen

[1]) Vergleiche Anmerkung S. 816.

etwas schräg nach oben gezogen, die Mandibeln dadurch etwa 0,008 mm bloßgelegt. Der Vorderkörper ist dabei durch eine starke Furche von dem geringelten Theile getrennt, weil wahrscheinlich der gekrümmte Schwanztheil bei dem Anbohren aufgestemmt wird.

Folgende Varietäten sind bisher als die am meisten von den Milben heimgesuchten beobachtet worden:

Weiße Herbst-Butterbirne.
Holzfarbige Herbst-Butterbirne.
Liegel's Winter-Butterbirne.
Beauchamp's Butterbirne.
Passe Crassane.
Edel-Crassane.
Muscirte Argenson.
Alice Baltet.
Bergamotte Hertrich (leidet auch stark an Morthiera).
Vereins-Dechantsbirne.

Ein Ankämpfen gegen diese Milben, welche bei sehr reichlichem Auftreten durch Tödtung größerer Parthien von Blattsubstanz das Gesammtbefinden des Baumes beeinträchtigen, ist nur dann gerathen, wenn es sich um Formenbäume guter Sorten handelt. Es dürfte dann aber nur ein einziger Zeitpunkt im Jahre sein, der mit Erfolg zur Vertilgung des Uebels benutzt werden kann. Wenn man nämlich bedenkt, daß die Phytoptus piri massenhaft in den Knospen der vorjährigen Zweige überwintern und zwar in Gemeinschaft mit einzelnen 8beinigen Milben (Typhlodromus, Scheuten) und wenn man sieht, daß die Blätter noch in ganz jugendlichem Knospenzustande bei vollständig eingerollten Rändern schon von den Milben angestochen werden, so läßt sich unschwer erkennen, daß man in diesem Zeitpunkte nur die Milbe vernichten kann, wenn man die ganze Knospe ausbricht.

Dieses Ausbrechen würde sich auch auf die terminalen Knospen erstrecken müssen, die bei befallenen Bäumen in der Mehrzahl der Fälle reich an Milben sind und dadurch würde zunächst die Fortsetzung des Leitzweiges bei Formenbäumen verhindert. Ein andrer Zeitpunkt als der Anfang des Frühjahrs wird also gewählt werden müssen und dieser bietet sich bei Beendigung des Frühjahrstriebes vor Beginn des Sommertriebes. Wenn man nämlich eine größere Anzahl Zweige prüft, findet man die unteren und älteren Blätter vorzugsweise mit Milbengallen bedeckt, die später gebildeten sind häufig ganz frei davon; dies wird sich dadurch erklären lassen, daß die in den Knospen überwinterten Exemplare bei ihrem Erwachen das weiche Gewebe der bereits gebildeten, eben aus der Knospe sich hervorstreckenden Blätter anstechen. Während das Blatt sich streckt, erweitern sich die Eingänge der durch den Stich sich bildenden Gallen und die überwinterten, mittlerweile geschlechtsreif gewordenen Thiere legen ihre

Eier hinein, um wahrscheinlich dann zu sterben. Bevor die Eier sich entwickeln und die neue Generation heranwächst, ist der Frühjahrstrieb seinem Abschlusse nahe. Seine obersten Blätter reifen vor dem Erscheinen der neuen Milben aus. Schneidet man nun bald nach der Entfaltung dieser oberen Blätter die unteren, pockigen ab, so entfernt man nicht nur eine Reihe geschlechtsreifer, älterer Thiere, sondern auch die Mehrzahl der kommenden Generationen, ohne dem Zweige die am kräftigsten arbeitenden, jüngeren Blätter zu nehmen. Falls sich bei weiterer Entwicklung des Sommertriebes die Milben trotz des Entfernens der erst gebildeten Jahresblätter wiederum zeigen sollten, muß man auch die befallenen Blätter des Sommertriebes wegnehmen.

Um einen Einblick in die Reichhaltigkeit der durch Phytoptus erzeugten Gallen zu geben, lassen wir eine Aufzählung der vorzüglichsten, an Holzgewächsen auftretenden Gallenbildungen folgen. Die krautartigen Pflanzen werden in demselben Grade von den Milben heimgesucht; sie sind indeß hier nur insoweit berücksichtigt worden, als sie eine Bedeutung als Kulturpflanze haben oder als besonders bemerkenswerthes Beispiel eigenthümlicher oder häufiger Mißbildungen gelten können. Da, wo eine besondere Quelle nicht angegeben, folgen wir den gewissenhaften Arbeiten von v. Schlechtendal[1]), der auch eine eingehende Literaturübersicht (mit Ausnahme der unsicheren, älteren Beobachtungen) giebt.

An Acer campestre L. finden sich 6 verschiedene Milbengallen. Außer den auf der unteren Blattfläche auftretenden, anfangs gelbgrünen, später braunrothen Haarfilzen (Erineum purpurascens Gärtn.) zeigen sich Haarschöpfchen an den Nervenwinkeln, kahnförmige Ausstülpungen der Blattfläche längs der Nerven oder in den Nervenwinkeln an der unteren Blattseite; ferner unregelmäßige, sackförmige, grünliche bis rothbraune, an jungen Blättern zu rothen, verdickten Flecken zusammenfließende Ausstülpungen von höchstens 2 mm Durchmesser (Cephaloneon myriadeum Bremi). Außerdem erscheinen auf der oberen Blattseite in den Nervenwinkeln noch 1—4 mm große, gelbliche oder rothe, kugelförmige Gallen (Cephaloneon solitarium Bremi). Endlich finden sich am unteren Ende der Jahrestriebe meist an den Ringnarben der Knospenschuppen noch Rindengallen. An Acer monspessulanum L. sind von Thomas ähnliche Bildungen wie Cephal. myriad. beobachtet worden. Auch Acer platanoides L. trägt Erineum auf der unteren Blattfläche und ebendort auch Haarschöpfchen in den Nervenwinkeln und Rindengallen. An Acer Pseudoplatanus L. wird beschrieben Erineum acerinum Pers., Ceratoneon vulgare Bremi in Form horn- oder knopfförmiger, meist oberseits vorkommender Blattgallen. Mit sehr filzig behaartem Galleneingange beschreibt Löw[2]) ein besonders kleines Cephalon. myriad. auf Acer neapolitanicum Ten. var. aetnense Tineo.

Bei Aesculus Hippocastanum L. und rubicunda Lois. finden sich abnorme Haarschöpfchen in den Nervenwinkeln der Blätter unterseits (Phyllerium axillare Opiz); bei Ersterer außerdem abnorme, braunfilzige Behaarung der jungen Zweige, Blatt- und Blüthenstiele.

---

[1]) D. H. R. v. Schlechtendal: Ueber einige zum Theil neue Phytoptocecidien. Jahresbericht des Ver. f. Naturkunde zu Zwickau, 1882.

Uebersicht der bis zur Zeit bekannten mitteleuropäischen Phytoptocecidien und ihrer Literatur. Zeitschrift f. d. gesammt. Naturwiss., Bd. LV, 1882, Heft 5.

Ueber Cecidien. Jahresb. d. Ver. f. Naturkunde zu Zwickau, 1883.

[2]) Franz Löw: Ein Beitrag zur Kenntniß der Milbengallen. Verh. d. zool.-bot. Ges. z. Wien, 1883, Bd. XXXIII, S. 129.

Alnus glutinosa L.: Erineum alneum meist auf der Blattunterseite; außerdem in den Nervenwinkeln beiderseits am Mittelnerv nach oben gehende Ausstülpungen; außerdem aber auch rothbraune, kopfige Taschen bis 2 mm Durchmesser auf der Blattoberseite (Cephaloneon pustulatum Br.). — Alnus incana DC. besitzt gelbliche, weiße oder rothe Haarfilze (Erineum alnigenum Lk.) meist auf der unteren Blattfläche und das Cephal. pust. — Bei Alnus viridis DC. finden sich auf der oberen Blattseite meist schön rothe Erineum-Rasen und Cephal. pustul. — Alnus pubescens Tausch hat Erineum alneum Pers. und Ausstülpungen der Nervenwinkel nach oben. — Alnus cordifolia Ten. zeigt schwefelgelbe bis dunkelrostbraune Rasen von Erineum.

Betula alba L. hat weiße bis leuchtend rothe Haarfilze auf Blättern und Blattstielen (Erineum betulinum Schum.); ferner bis 3 mm große, halbkugelige, mit grauen Haaren überkleidete, auf der Blattoberseite zerstreute Blattausstülpungen (Bursifex betulae Aml.) und, wie es scheint, seltener vorkommende, kleine, grüne oder rothe, später bräunliche, über beide Blattflächen vertheilte, hervorragende, kahle Knötchen. Am wichtigsten erscheint eine, ähnlich wie bei der Haselnuß vorkommende Knospen-Entartung, derzufolge sich Zweigbüsche wie die Hexenbesen ausbilden. Wenigstens führen englische Beobachter[1]) die Entstehung von Birken-Hexenbesen auf Milben zurück, während deutsche Beobachter[2]) zwar einen eigenthümlichen Zweigbau in Folge der Milbeneinwanderung in die Knospen constatiren, aber vorläufig noch ihr Urtheil reserviren, ob diese Mißbildungen wirkliche, durch Zweigsucht entstandene Hexenbesen darstellen. Miß Ormerod fand einzelne Herbstknospen stark geschwollen und fast kugelig anstatt schlank kegelförmig. In diesen kugeligen Knospen zeigen sich im November die Milben. Im Februar fallen die Schuppen bei der Berührung ab und lassen nun eine kurze, verdickte Achse erkennen, welche mit zahlreichen, sehr kleinen, runden Knospen besetzt ist; diese Knospen wachsen zu kurzen Zweigen aus. Schlechtendal[3]) sah bei seinen Exemplaren die Zweige der Birke nicht lang herabhängen, sondern in Folge der Gallen nach oben gekrümmt, so daß die ganze Krone kurzzweigig und auffällig dicht erschien. Es hatten sich an Stelle der befallenen Knospen Achselknospen entwickelt, aus denen die abweichend gerichteten Zweige hervorgegangen waren. Durch Wiederholung dieses Vorganges entstehen die erwähnten Zweiganhäufungen. — Bei Betula pubescens Ehrh. sind nur Nervenwinkelausstülpungen gefunden worden.

Buxus sempervirens L. zeigt haarige, mißbildete Achselknospen.

Carpinus Betulus L. hat erstens mit braunem Erineum erfüllte Nervenwinkelausstülpungen nach oben längs der Hauptrippe; dann Blattfaltung nach den sich kräuselnden Seitennerven hin und endlich Blattgallen mit rother Behaarung (Vulvulifex rhodizans Am.). Clematis Flammula L. hat (ebenso wie Cl. recta) Blattfalten beiderseits der Nerven, und Mißbildung ganzer Zweige und Blätter. Es verkürzen sich nämlich die Internodien; die Epidermis verdickt sich. Die Ausbildung der Blattfläche kann ganz unterdrückt sein und durch ein fleischig verdicktes, kahles, glänzendes, rauh gehöckertes Gebilde ersetzt werden. Bei Citrus aurantium ist wahrscheinlich als Phytoptusbeschädigung aufzufassen

---

[1]) Ormerod: Witch-Knot on the birch. Gard. Chron. 1877, I, S. 249.
Murray: Witch-Knots. Gard. Chron. 1877, S. 281.

[2]) v. Schlechtendal: Kleine Beiträge &c. V. Jahresber. d. Annaberg-Buchholzer Ver. f. Naturkunde, 1880, S. 61 ff.

Thomas: Beschreibung neuer oder minder gekannter Acarocecidien. Nova Acta Acad. Caes. Leop.-Carol. Germ. Nat. Cur. t. XXXVIII, No. 2, Dresdae 1876.

[3]) Bot. Centralbl. 1880, S. 885.

eine in Florida als „Orange rust“ bekannte Krankheit, bei der von Ashmead[1]) eine vierbeinige, als Typhlodromus „oiliiоorus“? (oleivorus) beschriebene Milbe gefunden worden ist. Durch Anstechen der Oelzellen soll das Oel austreten und an der Luft zu einem harzartigen, harten, rostigen Ueberzuge erstarren.

Corylus Avellana L. zeigt eine sehr häufige Mißbildung der Knospen, welche kugelig anschwellen und dabei bis 1 cm groß werden können. (Calycophthora Avellanae Am.) In den kugelig bleibenden Knospen erscheint die kurze Achse mit den Schuppen stark fleischig angeschwollen; ebenso verhalten sich die schuppenartigen, weicheren Nebenblätter, welche den inneren Theil der sich spreizenden Knospe bilden. Die Anschwellung nimmt vom Frühjahr, zu welcher Zeit die Milben aus den alten Knospen bereits in die der neuen Triebe wandern, stetig zu; es entstehen auf allen Knospenschuppen warzenartige, zackige Vorsprünge durch an der Spitze weitergehende Wucherung des Mesophylls. In den Ausbuchtungen hausen die Milben. Bisweilen ist die Angriffsweise der Milben vorzugsweise auf die äußeren Schuppen beschränkt, so daß für den Vegetationskegel Baumaterial zur Streckung übrig bleibt. Man sieht dann schwache, einige Centimeter lang werdende Zweigchen mit schuppenartigen, selten bis zur Ausbildung einer Blattspreite gelangenden Organen, in denen verhältnißmäßig große Achselknospen zu finden sind. Würden diese Knospen sich zu ähnlichen Zweigen ausbilden, was ich aber nie beobachtet, dann könnten verwandte Gebilde wie bei der Birke entstehen.

Cotoneaster vulgaris Lindl. zeigt eine Pockenbildung der Blätter ähnlich der auf Birnen; außerdem finden sich Rindengallen an den Zweigen, besonders unter der Ursprungsstelle der Seitenaugen, bisweilen aber auch den ganzen Zweig bedeckend (Cecydoptes Cotoneastri Am.). Diese Auswüchse haben nach Löw[2]) eine unregelmäßig rundliche Gestalt mit bisweilen kronenartig ausgezogener Gipfelregion von anfangs rother, später braunschwarzer Farbe. Eigentliche Gallenkammern sind im Innern nicht zu finden, sondern ein lockeres, gerüstartiges Gewebe, zwischen welchem die Milben leben.

Crataegus Oxyacantha L. hat (ebenso wie C. monogyna Jaqu.) Randrollungen der Blätter mit Erineum erfüllt (Erineum Oxyacanthae Pers.). Cr. Pyracantha Pers. hat Erineum Pyracanthae DC.

Cydonia vulgaris hat Blattpocken wie bei den Birnen.

Cupressus funebris. Die Milbendeformationen an dieser Pflanze sind meines Wissens bisher noch nicht beobachtet worden. Ich erhielt einige Zweige aus Lübeck im Oktober 1881 zugesendet. Diese Zweige hatten ein auffallend gedrungenes Ansehen mit gebräunten, abgestorbenen Spitzen. Das Absterben muß schon im Sommer erfolgt sein, da ein Theil der unmittelbar unter der todten Spitze belegenen Achselknospen stark angeschwollen war oder bereits ausgetrieben und dadurch das dichtbuschige Ansehen verursacht hatte. Die alten Blätter in dieser Region erschienen z. Th. fleischiger als die normalen, was daher kam, daß das Parenchym der Unterseite oder wohl auch der ganzen Blattdicke sich gelockert und in der Richtung senkrecht zur Längsausdehnung der Nadel gestreckt hatte. Die inneren Lücken sind mit Luft erfüllt; dadurch ist die Färbung der ganzen Nadel heller. Die Thiere, welche in ihrer Gestalt denen der anderen Pflanzen ganz ähnlich sehen, scheinen die Oberseite der Nadeln mehr anzusaugen; wenigstens fanden sich dort die meisten braunen Epidermiszellen, die, wenn sie alt waren, sich von Mycel durchsponnen zeigten. Letzteres verspinnt auch mehrfach die gänzlich abgestorbenen Nadeln an der Spitze und in den derartig geschützten Blattachseln scheinen auch die Thiere überwintern zu können; wenigstens fanden sich an solchen Orten Colonien bereits erstarrter Milben.

---

[1]) Bot. Jahresbericht 1879, I. S. 209.

[2]) Verhandl. d. zool.-bot. Gesellsch. zu Wien 1881, S. 3, Bd. XXXI.

Evonymus europaea L. hat außer einer einwärts gerichteten Blattrandrollung auch Aussackungen der Blattfläche. Bei E. verrucosus Scop. beobachtete Löw ein Erineum auf der Blattunterseite. Es besteht aus kurzen, hutpilz- oder retortenförmigen Haaren, die denen auf Betula alba auftretenden sehr ähnlich sind. Die Stellen, an welchen das anfangs gelblichweiße, später bräunliche Erineum sitzt, bauchen sich nicht aus, sondern erscheinen nur oberseits gelblich gefärbt.

Fagus sylvatica besitzt wiederum sehr mannigfache Milbenbeschädigungen. Außer weißen Haarfilzen auf der Blattunterseite (Erineum fagineum Pers.) finden sich auch weiße Haarstreifen auf der oberen Blattseite an den Seitennerven entlang (Erineum nervisequum Kze.) und abnorme Haarschöpfchen in den Nervenwinkeln. Außerdem ist eine nach auswärts gerichtete Blattrandrollung und eine solche nach einwärts (Crepidoptes involventes und uncinantes Am.) beobachtet worden; endlich finden sich Blattfalten mit starker Behaarung angefüllt und von Verdickung der Nerven begleitet.

Fraxinus excelsior L. zeigt Blatt- und Blattstielgallen, welche knopf- oder hornförmig das Blatt durchwachsen; sie erreichen 1—1,5 mm Durchmesser und sind gelbgrün bis purpurroth. An jüngeren Bäumen sind derartige Gallbildungen in so ausgedehntem Maße beobachtet worden, daß einzelne Fiederblättchen zu gestaltlosen Massen verkümmert waren; die Blattspindel war durch die Gallen verdickt, verbreitert und gekrümmt. Neben den Cecidien zeigten viele Blätter eine auffällige Behaarung längs der Mittelrippe und an den Seitennerven. Auch die von Psylla mißbildeten Blätter zeigen indeß eine ebensolche Behaarung. Die auffälligsten Deformationen sind die verkümmerten Blüthenstände, welche den Namen „Klunkern“ erhalten haben. Die mißbildeten Blüthenstiele bilden knäulig-gehäufte, anfangs bräunlich-grüne, später dunkelbraune, auf der Oberfläche höckerige Massen, die in ihrer äußeren Form große Aehnlichkeit mit der Oberfläche der Rose vom Blumenkohl haben. Ihre Oberfläche ist mit einer äußerst kurzen, fast farblosen, dichten Haardecke bekleidet, welche aus stäbchenförmigen Haaren besteht. Diese Klunkern sind im Frühjahr noch frisch, im August aber bereits meist vertrocknet. In manchen Jahren sind die Gebilde häufig, und bei denselben Bäumen in andern Jahren sehr sparsam. Dieser Wechsel im Auftreten dürfte sich aus der Beobachtung erklären, daß die Blüthenknospen, welche von Milben besiedelt sind, schon im November bei milder Witterung stark angeschwollen und schon so weit aufgebrochen sind, daß man die bräunlichen Staubbeutel bisweilen stäubend findet. Stärkere Winterfröste werden diese hypertrophirten Knospen leicht tödten. Beschränkt sich die Einwirkung der Milben hauptsächlich auf die gemeinsamen Blüthenstiele, dann kommen die Blüthen zur Ausbildung, wenn auch in verkrüppelter Form. Bei den männlichen Blumen verkümmern die Staubbeutel, bei den weiblichen und Zwitterblumen zeigt sich Sterilität. — Fraxinus Ornus zeigt ebensolche Klunkern; dieselben erscheinen aber oft mehr schopfig, weil die hier vorhandenen Kelch- und Blumenblätter mit in die Deformation hineingezogen werden.

Hippophaë rhamnoides L. hat Ausstülpungen an Blatt, Blattstiel und Stengel.

Juglans regia L. hat in nach oben gerichteten Auftreibungen der Blattunterseite Haarbildungen (Erineum juglandinum Pers.); außerdem Pocken im Blattparenchym, die beiderseits knötchenartig vorragen und bald schwarzbraun werden.

An Laurus canariensis Willd. wurde von Thomas ein Erineum (E. sepultum) beobachtet.

Lonicera nigra L. hat die mehrfach spiraligen Randrollungen sehr dicht, dem äußeren Blattumriß meist ganz folgend, ohne abnorme Haarbildung (Legnon laxum Bremi). Die ebenfalls hier vorkommenden Rollungen von Aphis oder wahrscheinlich von einem Exoascus bestehen darin, daß die oberen Blätter der Langtriebe namentlich zu einer sehr lockeren Rolle zusammengelegt sind. — Lonicera alpigena hat höchstens eine

einfache Umschlagung des Blattrandes. Bei der Randrollung, die man den Aphiden vorläufig zuschreibt, beobachtet man das Auftreten gelbgrauer Flecken, gewöhnlich mit carmoisinrothem Mittelpunkt. Lonicera Periclymenum L. hat Blattrandfalten, L. Xylosteum zeigt den Blattrand wellig gekräuselt. Aehnlich der bei L. nigra beobachteten Blattrandrollung ist die von Löw[1]) beschriebene Deformation an Lonicera Caprifolium L. Die Rolle des Blattrandes ist nach oben gerichtet, ziemlich schmal, etwas locker, nicht verfärbt und nicht verdickt; besonders gern findet sie sich an den unmittelbar unter den Blüthen sitzenden, miteinander verwachsenen Blättern.

Mespilus germanica L. hat Reihen von röthlichgelben Haaren auf der Blattunterseite (Erineum mespilinum DC.).

Pinus silvestris. Th. Hartig[2]) beschreibt, wie Thomas citirt, Gallen an den Zweigen von Kiefern in Form von erbsen- bis bohnengroßen Wülsten aus Parenchym mit vielen unregelmäßigen Gallenkammern. Thomas und ich haben vielfach Milben darin beobachtet. Die aus Proskauer Forsten stammenden Zweige, an denen ich im Februar die einseitig-kugeligen 8—10 mm großen, etwas heller als die übrige Rinde gefärbten Geschwülste wahrnahm, waren 3jährig. Eigentliche Gallenkammern mit dem früher angegebenen, charakteristischen Wandbau habe ich nicht gesehen. Die Geschwulst schneidet sich weich; an dem untersuchten Zweige erschien die angeschwollene Stelle nierenförmig und in der Einbuchtung der Niere lag der Holzkörper mit seinem excentrisch gestellten Mark. Man sieht daraus, daß die Geschwulst durch einseitige Wucherung entstanden, an welcher der Holzkörper der zwei ersten Jahre gar nicht, der des dritten Jahres sehr wenig betheiligt ist. Es ist eben eine Wucherung des Rindengewebes, im vorliegenden Falle von vierfacher Höhe der normalen Rinde. Das Wucherparenchym erscheint hellgrün bis weißlich und zeigt in verschiedenem Abstande vom Centrum radiale oder unregelmäßige Lücken mit ausgefressenen Rändern von meist etwas gebräunter Farbe. Dieselbe rührt von den oft abgestorbenen Zellen her, welche die mit Thieren reichlichst besetzte Lücke auskleiden. Die Thiere erschienen erstarrt, leicht gebräunt durch ihren Körperinhalt; sie lagen in schwacher Krümmung zwischen den zahlreichen Bälgen der letzten Häutung. Die Kralle, die übrigens an den Bälgen nicht bemerkbar, ergab sich als gefiedert durch je 4 an Größe abnehmende Fiederchen. Die weißliche Rindenfärbung kam von der Chlorophyllarmuth des im Querschnitt radial gestreckt erscheinenden Rindenparenchyms, das nur in den äußersten peripherischen Lagen tangentiale Streckung beibehält und hier auch größeren Chlorophyllreichthum zeigt.

Pirus communis L. hat außer den beschriebenen Pocken noch auf der Unterseite Stellen mit Haarfilz (Erineum pyrinum Pers.) ohne Auftreibung nach der Oberseite hin, wodurch sich diese Stellen leicht von den durch Exoascus hervorgebrachten unterscheiden lassen. Das Erineum tritt auch bisweilen in den nach oben gerichteten Blattrandrollungen (Volvellina marginalis Am.) auf. Dasselbe Erineum kommt auch auf Pirus paradisiaca L. vor; dagegen wird auf P. Malus L. ein anderes beschrieben (E. malinum DC. — E. Mali Kalt.); auf letzterem Baum fand ich auch die Blattpocken (Typhlodromus Mali Am.).

Populus tremula L. ist wieder einer der am reichsten von Gallenbildungen heimgesuchten Bäume. Haarfilz (Erineum populinum Pers.), Rollung und Kräuselung der Blätter ohne Haarwuchs meist an Seitenzweigen auffallende und weithin sichtbare Büschel bildend; außerdem auch noch Rollung des Blattrandes mit Kräuselung und abnormer

[1]) Fr. Löw: Ein Beitrag zur Kenntniß der Milbengallen. Verh. der zool.-bot. Ges. in Wien 1883, Bd. XXXIII, S. 131.

[2]) Hartig: Forstliches Conversationslexikon. 2. Aufl. 1836. S. 737.

Behaarung der inneren Blattfläche an Wurzelschossen; es wurden in solchen Deformationen von Schlechtendal auch weiße Cecidomyien-Larven gefunden.[1]) Endlich erscheinen noch Knospenwucherungen (Calycophthora Populi Am., Batoneus populi K.) am Stamm und Zweigen. Gallenartige Bildungen giebt Kirchner[2]) auch noch an der Rinde junger Schößlinge von P. tremula und pyramidalis an; sie enthalten Milben. Außer Haarfilz und Knospendeformation beobachtete v. Siebold auch noch sackartige Auswüchse auf Blättern und Blattrippen der Zitterpappel und Thomas beschreibt neuerdings[3]) unebene, kleinhöckerige, faltige Gallen aus den Blattdrüsen, die meist zu 1—4 am Grunde der Blattspreite entwickelt sind (Heliazeus Populi Kirch.). — Eine Combination mehrerer der bisher genannten Gallbildungen liefern die Zweigdeformationen, welche ich mehrere Jahre hindurch an denselben Exemplaren der Zitterpappel zu beobachten Gelegenheit hatte und „Wirrsträuße“ nennen möchte. Die Spitzen der diesjährigen Triebe bildeten meist dichte, traubenartig zusammengezogene, kegelförmige Sträuße aus kleinen, dicht beieinander stehenden, meist zu dreien an jedem Nodus entspringenden Blättern. Die Dreizahl scheint mir zu entstehen durch Hypertrophie des Gewebes, das die 3 sich gewöhnlich im Blattstiel vereinigenden Blattspurstränge begleitet. Es wird soviel Parenchym gebildet, daß sich nun 3 gesonderte Blättchen mit fleischig verdicktem, nach oben umgeschlagenem, wellig gekräuseltem, roth gefärbtem Rande bilden. Außer diesem dadurch eingeleiteten „Dedoublement“ der Blätter kamen auch nicht selten noch proleptische Knospen zur geringen Entwickelung, wodurch der große Blätterstrauß mit den verkürzten Internodien seine Erklärung findet. Fast immer zeigen sich einzelne Blättchen von der oben angegebenen Entstehung, bei denen eine Trennung nicht ganz vollständig ist; sie erscheinen dadurch zu zwei oder drei an der Basis oder der ganzen Länge des Blattstiels nach miteinander verklebt, so daß ein bandartiger Stil mit dreitheiliger Spreite entsteht. — Bei Populus nigra L. sind von Löw Haarfilze, also Erineumrasen auf den Blättern gefunden worden. Diese Rasen bestehen aus hutpilz- oder retortenartigen Haaren von lebhaft dottergelber Farbe, in eingesenkten Stellen der Ober- und Unterseite. Löw fand dieses Erineum nur an den 2—6 untersten Blättern der Triebe.

Prunus domestica L. zeigt manchmal kleine, kugelige bis keulenförmige, grüne oder rothe, 1—2 mm Durchmesser besitzende und mit behaarter Außenseite versehene, in Gruppen auf der Blattoberseite stehende Auswüchse. Der Galleneingang auf der Blattunterseite ist mit dichtem Haarfilz versehen (Cephaloneon molle Bremi, Bursifex pruni Am.). Viel häufiger sind in manchen Gegenden die bis zu 40 Stück zusammenstehenden, taschen- oder becherförmigen, in der Nähe des Blattrandes in der Regel sich häufenden Gallen. Ein ringartiger Wulst von elliptischer oder langgestreckter Form und 1—3 mm Durchmesser umschließt die meist oberseits gelegene Oeffnung der Galle, die sich noch halbkugelig über die Blattunterseite erhebt. Der wulstige Rand der Taschen ist nach innen umgeschlagen und außen allseitig mit steifen, einzelligen, im Innern mit dünnwandigen, abgerundeten Haaren besetzt. (Cephaloneon hypocrateriforme Bremi). A. Braun und Amerling beobachteten ähnliche Zellen noch an den Früchten der Hauszwetsche. — Die von Bremi beschriebenen, Cephaloneon confluens genannten, auf der Schlehe (Pr. spinosa L.) vorkommenden, meist am Blattrande gehäuften Gallen sind von den Vorigen nicht sehr verschieden und ebenfalls von Phytoptus bewohnt. Amerling,

---

[1]) Separatabdruck des Jahresberichts d. Vereins f. Naturkunde zu Zwickau, 1882, S. 28.

[2]) Lotos 1863, S. 44.

[3]) Nova Acta ꝛc. Bd. XXXVIII.

der diese Mißbildung auch auf Chamaecerasus Jcq. beobachtete, nannte die Milbe Vulvulifex pruni. — Prunus insititia L hat. ebenso wie Pr. domestica Rindengallen an den Zweigen, besonders an den Knospenschuppennarben. Pr. Armeniaca L., die Pfirsich, zeigt Cephaloneon confluens. — Pr. Padus L. hat langgezogene, keulenförmige bis sackartige Milbengallen (Ceratoneon attenuatum Br., Folliculus Pruni padi) auf der Blattoberseite und ausnahmsweise auch am Blattstiel und an der Zweigrinde. Hier bei der Ahlkirsche sehen wir auch auf den Blättern unter-, selten oberseits hellgraue, später rostrothe Haarfilze (Erineum padi Rbt.) auftreten. Bei Prunus spinosa ist außer den oben genannten Cephal. confl. und molle, sowie außer den bei der Hauspflaume auch erwähnten Rindengallen noch eine Blattgalle anzuführen, welche in einer Ausstülpung der Nervenwinkel nach oben besteht, bis 1 mm hoch wird und meist purpurroth getuscht ist.

Punica Granatum zeigt in Italien und Spanien Randrollung der Blätter nach außen.

Quercus, die von den Cynipiden so heimgesuchte Gattung, hat bis jetzt wenig Phytoptocecidien aufzuweisen. Qu. Ballota Desf. und Qu. Suber L. in Spanien leiden an einem Haarfilz, ebenso Quercus Cerris L. und Quercus pubescens Willd. in Niederösterreich an Erineum quercinum Pers. und Qu. coccifera L. an dem weißen oder rosenrothen, später braunen Erineum impressum Cda. Vor einiger Zeit erhielt ich einige Blätter der Abrahamseiche bei Hebron, die ich für Quercus coccifera halte. Die ovalen, lederartigen, scharfzähnigen Blättchen zeigen auf der Unterseite braunschwarze, vertiefte, kreisrunde, wollige Stellen von 1—2 mm Durchmesser, denen auf der Oberseite halbkugelige, kaum verfärbte, nur bei hochgradiger Erkrankung gebräunte Erhabenheiten entsprechen. Diese Erineum-Rasen erweisen sich als Büschel dichter gelb- bis braunwandiger, dünner, aber weiter, kegelförmiger, mit stumpfer Spitze entstehender, im Alter aber zugespitzt erscheinender Haare; sie unterscheiden sich durch ihre dünne Wandung und ihre leichtere Zerstörbarkeit von den spärlicheren, dazwischen stehenden, wahrscheinlich normalen Haaren, welche sehr dickwandig und mit scharf ausgezogener Spitze, gebräuntem Inhalt, aber farbloser Wandung auftreten. Pilzdurchwucherte Leichen von Phytoptus wurden vielfach gefunden.

Rhododendron ferrugineum L. und Rh. hirsutum L. zeigen Blätter, die sich vom Rande her dicht aufwärts zusammenrollen und meist enge Cylinder bilden. Von Ersterem wird auch eine durch Milben verursachte Füllung der Blüthen ohne Vergrünung angegeben. Löw[1]) beschreibt, daß sich zwischen Krone und Staubgefäßen ein stellenweis unterbrochener Kreis von kronenartig gefärbten, linearen, zugespitzten, drüsig-harzig punktirten Blättchen mit weißwollig gewimperten Rändern einschiebt. Die Staubgefäße sind fast normal; der an Stelle des Fruchtknotens fanden sich auf kurzem Stiele 2 Kreise von kronenartigen Blättchen, welche in ihrer Mitte eine große Anzahl von Staubgefäßen mit blattartigen Filamenten einschließen.

Ribes nigrum L. und R. alpinum L. zeigen Knospenmißbildungen ähnlich denen von den Haselnüssen und Letztere auch Blattfalten mit abnormer Behaarung. Nach v. Schlechtendal ändert die angegriffene Knospe ihre spitzkegelförmige Gestalt und wird durch starke Anschwellung eiförmig. Obgleich die Einwanderung aus den alten Gallen schon im Mai oder Juni erfolgt, erreicht das Cecidium erst im Herbst seine vollkommene Größe. Im folgenden Frühjahr entwickelt die Knospe häufig noch Blätter und bisweilen selbst streckt sie sich zu einem Zweige, dessen Blätter verkürzte Stiele und gekrümmte Blattnerven und Flächen zeigen.

---

[1]) Fr. Löw: Beschreibung von neuen Milbengallen ꝛc. Verhandl. der zool.-bot. Ges. zu Wien, XXIX, 1879.

Bei Rosa spinosissima L. fand v. Frauenfeld zahlreiche Fiederblättchen, bei denen sich auf der Unterseite längs der Mittelrippe beiderseits eine Wulst gebildet hatte, deren Ränder auf der Oberseite zusammenschließend eine längliche Höhlung darstellten.

Rubus in seinen verschiedenen Arten leidet an Haarbildungen, Erineum Rubi Fr. Bei den Brombeeren fand Focke[1]) diese Milbenbeschädigung vorzugsweise an sonnigen Berglehnen; nicht blos die Unterseite der Blätter ist bei R. caesius stellenweis bedeckt, sondern auch Blattstiele, Kelchblätter und Stengel können solche Erineum- oder Phyllerium-Rasen zeigen. Bei Rubus saxatilis L. finden sich gelblichgrüne, warzenartige, $^1/_4$—4 mm große, oberseits schwach behaarte oder runzelige, unterseits filzige Auftreibungen, die zu Cephaloneon Bremi gehören würden. Diese stärkste Behaarung am Galleneingange, die bei den meisten Milbengallen vorkommen, verwehrt größeren Thieren den Eintritt.[2])

Salix. Verschiedene Arten, wie S. fragilis, aurita, cinerea, viminalis u. A., besitzen auf den Blättern regellos angeordnete, zahlreich zusammenstehende, gelblichgrüne bis rothbraune, bis 2 mm große, oft behaarte Gallen mit dicht behaartem Eingange auf der Blattunterseite. Die Innenwand ist mit kugelig-traubenartigen Wärzchen bedeckt, zwischen denen reichlich Phytoptus angetroffen wird (Bursifex salicis Am.). Blattrandrollungen nach oben zeigen Salix alba L., alpigena Kerner, amygdalina L., fragilis L., glabra Scop., retusa L. var. serpyllifolia Scop. Blattrandrollungen nach unten sind gesehen worden bei Salix caesia Vill. mit fleischigen Hervorragungen bei S. glabra Scop., S. purpurea L., wo die Rollung tief roth gefärbt, knorpelhart und innen fein und weich behaart ist. Gallen, welche in die Gruppe Cephaloneon gerechnet werden müssen, zeigen sich in Form von Blattknötchen mit kraterförmigem Eingang auf der Blattunterseite (Folliculus salicis albae). Hier finden sich auch Blattrandwülste und Taschen. Aehnlich wie bei Salix alba sind die Cephaloneon-Bildungen bei S. aurita L., S. Caprea L., wo sie beutelförmig sind (Cephal. combrinum Bremi), bei Salix cinerea L., S. fragilis L., S. grandiflora Seringe, S. herbacea, S. Jaquiniana Host., S. incana, S. nigricans Sm., S. repens L., S. reticulata L., S. Rousseliana Sm. und S. viminalis.

Am interessantesten sind die sog. „Wirrzöpfe“ oder Hexenbesen, Donnerbüsche u. s. w. Es sind entweder verlaubte Blüthenkätzchen oder auch Laubknospen mit der bei Phytoptosis so häufig sich einstellenden Zweigsucht durch proleptische Entwickelung der Knospen des verkürzten, oft fleischiger gewordenen Zweiges aus dem durch Phytoptus inficirten Auge. Der Typus der Entwickelung derartiger Knospenwucherungen stimmt somit allerdings mit dem Typus der Hexenbesenbildung durch Exoascus u. A.; indeß ist das Resultat doch meist ein abweichendes. Die Achsen bleiben unentwickelter und dafür ist die Verlaubung größer, so daß in der Regel dichte Laubknäuel gebildet werden. Wenn die Blüthenkätzchen allein ergriffen werden, erscheinen die Fruchtblätter groß und laubblattartig und in ihren Achseln entstehen Knospen, die zu kurzen, bisweilen wiederum Sprossen tragenden Zweigchen auswachsen. Die von Milben irritirten Laubknospen bei Salix Caprea L. bilden meist nur Blattbüschel, indem die Knospenachse sich zu wenig streckt und auch die männlichen und weiblichen Blüthenkätzchen werden hier zu zapfenartigen, fleischigen Gebilden, wobei die Fruchtblätter oft spitz-warzenartige Auswüchse zeigen. — Bei Salix und bei Tilia finden sich endlich an altem Holze die sog. „Holzkröpfe“, welche bedeutende Gallenforscher indeß anderen Ursachen zuzuschreiben geneigt

[1]) Focke: Synopsis Ruborum Germaniae. Bremen 1877, S. 21.

[2]) Thomas: Schweizerische Milbengallen. Verhandl. der St. Gall. naturwiss. Ges. 1870/71.

sind. Thatsächlich werden die bisweilen faustgroßen Stammwucherungen von verschiedenen Insektenlarven bewohnt und v. Schlechtendal zog beispielsweise wiederholt aus den Holzkröpfen der Weide die Sesia formiciformis. — Wirrzöpfe sind beobachtet worden bei Salix alba, amygdalina, aurita, babylonica, Caprea, fragilis, nigra, nigricans, purpurea, Rousseliana und viminalis.

Sambucus nigra L. hat kahnförmig nach oben gerollte Blattränder; Aehnliches findet sich bei Sambucus Ebulus L.

Sorbus aucuparia L., Aria Crtz., torminalis Crtz. und S. Chamaemespilus Crtz. haben alle Blattpocken, wie die Birnen und seltener die Aepfel. Bei den erstgenannten 3 Arten kommen auch Haarfilze auf den Blättern vor (Erineum Sorbi Kze., Phyllerium sorbeum Kze.).

Syringa vulgaris L. leidet an Knospenmißbildungen. Durch die von den Gallmilben veranlaßte Hemmung in der Ausbildung der Knospen finden sich etwas tiefer Adventivknospen ein, die in der Regel der Infektion ebenfalls verfallen, so daß büschelförmige Anhäufungen kurzer Zweige entstehen, welche Wittmack[1]) auch wieder mit Hexenbesen vergleicht. Die Mehrzahl der befallenen Knospen verdorrt, fällt jedoch nicht ab. Die Milben wurden äußerst zahlreich im Innern der verdickten Knospen gefunden; die äußersten Knospenschuppen waren frei von Thieren.

Taxus baccata L. ist mehrfach in Oesterreich, Frankreich und England mit Knospenmißbildungen beobachtet worden.

Thuja occidentalis ist im Spätsommer 1880 von Forbes in Normal (Ill.) von Milben heimgesucht gefunden worden. Die Thiere überwintern in den Knospen und unter den Blatträndern.[2])

Tilia grandifolia Ehrh. kann bis jetzt als Träger der zahlreichsten Milbengallenformen aufgeführt werden. Zunächst sind 2 Arten von Filzbildungen zu nennen: An allen Nerven der Blattunterseite kann ein dichter, weißlicher Haarfilz auftreten, der sich auch auf die Blattstiele und Zweige herabziehen kann; selbst die Blüthenstände können verfilzen. Außerdem kommt auch oberseits ein Erineum-Filz bei den Blättern vor. Ferner zeigen sich Ausstülpungen der Nervenwinkel nach oben. Thomas beschreibt dann noch regellos zerstreuete, warzenförmige, grüne Erhebungen von 1—3 mm Durchmesser auf der Blattoberseite, auf der auch gleichzeitig vereinzelte Haarfilze vorkommen. Die sternförmig verzweigten Haare der Unterseite, die sonst flach aufliegen, stehen in den Gallengruben auf warzen- oder stielförmigen Erhebungen des Blattgewebes. Meist in den Nervenwinkeln sind auch kugelige, dickwandige Blattgallen beobachtet worden; sie sind knotenähnlich, dicht filzig, zu 20—30 zusammenstehend und auf der Unterseite mit einem compakten Haarfilze versehen. Die Deckblätter der Blüthenstände können Verkrümmungen und Rollungen der dicht filzig gewordenen Ränder aufweisen. Die Bracteen und jüngsten Laubblätter der Linde werden auch von Cecidomyien angegriffen; die durch Gallmücken verursachten Rollnngen der Lindenblattränder bilden breitere, regelmäßigere, glatte oder nur sparsam behaarte Rollen, während die durch Gallmilben bewirkten Randrollungen mehr den Charakter einer Schwiele haben, die runzelig-wellig und stets behaart ist. (Legnon crispum Bremi, Botherinus und Craspedoneus Am.). Schließlich sind noch die bekannten, meist rothen, glatten Nägel auf der Blattoberseite (Ceratoneon extensum Bremi) zu nennen. — Tilia europaea L. leidet von Haarfilz (Phyllerium tiliae, Phyllereus folii tiliae Am.); sie hat ferner Grübchen und Randrollung der Blätter (Botherinus tiliae und Craspedoneus s. Intricator foliorum tiliae Am.) und hanfkorngroße

---

[1]) Gartenzeitung, herausgeg. von Wittmack, 1882, S. 128.

[2]) Acker- und Gartenbauzeitung. Collman, New-York. 1884, September, S. 285.

Beutelchen auf der Unterseite sowie rothbraun behaarte Täschchen auf der Blattoberseite (Vulvulifex tiliae Am.). Schlechtendal führt auch noch gelbe, rothspitzige Beutelchen auf der Blattoberseite an (Bursifex foliorum tiliae Am.) und außer Haarschöpfchen in den Nervenwinkeln (Malotricheus tiliae Am.) auch noch Rindengallen (Acarotolpa tiliae). Ich fand an Linden- und Weidenstämmen Phytoptusgallen von Wallnußgröße.

Auf Tilia microphylla Vent. wird ein Erineum angegeben. — Auf Tilia parvifolia Ehrh. findet sich auf der Blattunterseite in kleinen Rasen das Phyllerium tiliaceum und auf der Oberseite Erineum nervale Kze. Auch knotige Randrollung der Bracteen und die als Legnon crispum bekannte Gallbildung, sowie die Nagelgallen (Ceratoneon extensum Bremi) sind vorhanden. Dasselbe Ceratoneon ist neben Erineum-Flecken auf beiden Blattseiten auch bei Tilia argentea Desf. vorhanden.

Ulmus campestris L. hat beiderseits über die Blattfläche hervortretende Blattknötchen und Cephaloneon-artige Blattgallen oberseits. Besonders erwähnenswerth sind die wie bei den Pomaceen charakteristischen Pockenbildungen im Parenchym der Blätter, an den Blattstielen und jungen Zweigen. — Ulmus effusa Willd. hat auf der Blattoberseite beutelförmige Blattgallen. Außer Ulmus und Juglans haben nach Thomas[1]) nur noch Centaurea und Scabiosa derartige Pocken.

Viburnum Lantana L. kann Erineum auf der unteren Blattseite haben und ferner Cephaloneon-Blattgallen (Folliculus Viburni Lantanae).

Vinca herbacea W. K. zeigt bisweilen an den Zweigspitzen ähnliche Blattrandrollungen, wie Rhododendron. Wegen ihrer Häufigkeit verdient eine besondere Erwähnung

die Filzkrankheit des Weinstocks.

Durch den Milbenstich entstehen auf den Blättern von Vitis vinifera weiße oder röthliche Haarfilze (Erineum Vitis Fries). Diese Haarbildung, welche meist mehr oder weniger kreisrunde, nach der Gegenseite aufgetriebene Stellen bildet, tritt nicht selten in solcher Häufigkeit bei unsern Weinstöcken auf, daß sie als beachtenswerthe Schädigung anzusehen und als wirkliche Krankheit „Filzkrankheit“ zu behandeln ist. Die Entstehung der Filze unterscheidet sich nicht von der der übrigen Erineum-Bildungen; es sind Ausstülpungen der Epidermiszellen an den jungen Weinblättern zu langen, cylindrischen oder keulenförmigen, mit Querwänden und bisweilen mit Verästelungen versehenen Haaren, die ein trübes Protoplasma und an der Basis häufig feine Stärke führen. Zwischen den Haaren nisten die Thiere, da sowohl Eier als auch verschiedene Entwicklungsstadien der Thiere anzutreffen sind. Die Winterquartiere sind die Knospen, in denen Briosi[2]) bis zu 200 Stück Milben fand. In der nach Briosi gezeichneten Fig. 55 bedeutet a eine haarartig ausgewachsene Epidermiszelle, b eine vollkommene Milbe, c ein Ei des Thieres. Der Schaden, den die Filzkrankheit des Weinstocks verursacht, besteht in der Abschwächung der Assimilationsfläche. Die Heilmittel, welche empfohlen werden, dürften sämmtlich gegen das Radikalmittel, nämlich das Abpflücken der Blätter und Verbrennen

[1]) Nova Acta XXXVIII, No. 2, S. 264.

[2]) Sulla Phytoptosi della Vite. Stazione chimico-agraria esperimentale di Palermo. Palermo 1876.

derselben, zurückstehen. Der bei der partiellen Entlaubung anderer Pflanzen mit diesem Mittel verbundene Schaden einer zu großen Verminderung der Assimilationsfläche kann bei dem Weinstock nicht in Betracht kommen, da durch die Produktion des Geizes für Ersatz des Blattapparates gesorgt wird. Indeß ist

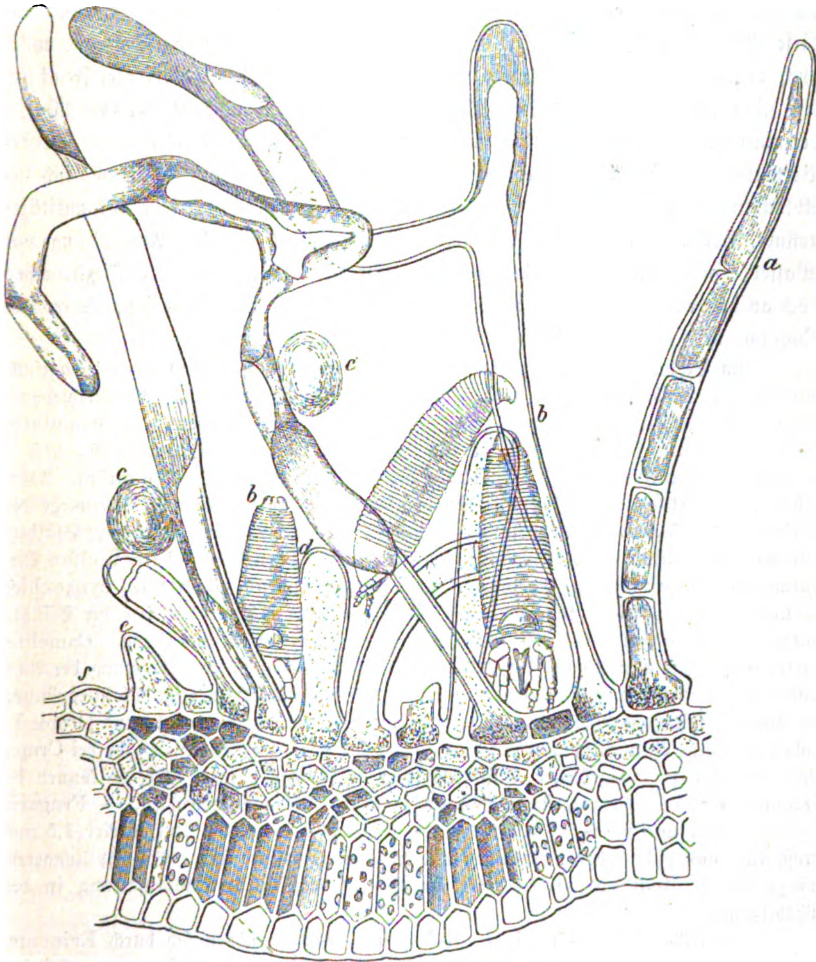


Fig. 55.

vielleicht doch das Mittel des Bespritzens der befallenen Stöcke nicht ganz von der Hand zu weisen. Das Bespritzen wird aber nicht den Zweck haben dürfen, die Thiere in den Erineum-Rasen zu tödten. Soviel ich gesehen, wird das Innere eines solchen Rasens selbst dann nicht naß, wenn man das Blatt in

Wasser eintaucht. Die zwischen den Haaren festgehaltene Luft verhindert jede Benetzung; außerdem sind die Thiere, wie früher bereits angegeben, sehr lebenszähe. Erfolg aber läßt sich vielleicht dann erwarten und zwar nicht blos bei Wein, sondern auch bei andern Milbenerkrankungen, wenn das wiederholte Bespritzen zur Zeit der Wanderung der Thiere in die Knospen hinein stattfindet, weil dann die Milben auf den freien Blatt- und Zweigstellen anzutreffen sind und auf diese Weise von der Flüssigkeit erreicht werden können. Möglicherweise wirkt auch reines Wasser schon günstig, da mir scheint, daß die Thiere viel Feuchtigkeit nicht lieben; vortheilhafter wird es jedenfalls sein, noch Mittel dem Wasser beizumischen, welche durch ihre spezifische Wirkung gegen Insekten ein gewisses Vertrauen beanspruchen. Gedacht sei hierbei der Blattlausmittel, namentlich der Abkochung von Quassiaholz mit oder ohne Beimengung kleiner Quantitäten grüner Seife. Eingehender Versuche werth erscheint mir die Anwendung von Wasser, in denen Schwefelkohlenstoff gelöst ist. Löw giebt die Filzkrankheit noch an bei Vitis Vesuviana vom Vesuv; Carinthiaca aus Armenien, Arizonica Engelm. und aestivalis Mich. aus Nordamerika.[1])

Zum Schluß mögen einige krautartige Pflanzen, die von Phytoptus heimgesucht werden, hier noch Erwähnung finden. Als Beispiel dafür, daß auch Monocotyledonen leiden, mag die Gattung Bromus gelten, von der bei Br. arvensis L., commutatus Schrad., erectus Huds., mollis L. und tectorum L. beobachtet worden ist, daß in Folge der Milbeneinwirkung die Endblüthe der Aehrchen anschwillt und vergrünt. Aehnliches zeigt Festuca ovina L. Bei den krautartigen Pflanzen ist in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine Vergrünung zu finden, weil deren Achsen meist mit Blüthenanlagen abschließen. So zeigen Achillea Millefolium L. und moschata Wulfen Verdickung und Vergrünung der Blüthenkörbchen; ebenso Asperula odorata L., cynanchica L. und galioides M. v. B. können durch Phyllomanie kleine Blätterknäuel statt der Blüthen haben. Einzelne Galium-Arten zeigen Aehnliches neben Blattrandrollung. Camelina sativa Crtz. hat Vergrünung der Blüthentheile zu Blättchen unter Verkürzung der Achse und abnormer, weißer Behaarung. Bei vielen Campanula-Arten zeigt sich Vergrünung der Blüthen mit Zweigsucht, abnormer Behaarung u. s. w. Centaurea L. und Crepis L. haben gedunsene Blüthenköpfchen mit Vergrünung der einzelnen Blumen, welche bei Crepis biennis sogar zu langgestielten Blüthenköpfchen auswachsen können. Ebenso können bei Daucus Carota L. die vergrünten Blüthen zu neuen Döldchen anwachsen. — Fragaria collina Ehrh. und vesca L. haben kugelige Blattgallen, die bei letzterer Art 1,5 mm groß, kurz und dicht behaart erscheinen und purpurroth gefärbt sind. Bei Papilionaceen, wie z. B. bei Medicago, Lotus, Onobrychis, Coronilla tritt Blattfaltung in den Vordergrund.

Potentilla, Poterium, Rosa, Rubus und Geum zeichnen sich durch Erineum-Bildungen vorzugsweise aus. — Solanum Dulcamara L. hat Vergrünung der Blüthen und Sol. Lycopersicum eine abnorme Behaarung der Blätter. Sehr bekannt und häufig ist die Mißbildung bei Thymus Serpyllum L., bei welchem die Blumen tragenden Spitzen

---

[1]) Die in der ersten Auflage S. 169 befindliche Notiz berichtigt Herr Dr. Moritz dahin, daß seine frühere Angabe, Phytoptus Vitis käme auch auf den Weinwurzeln vor und erzeuge ähnliche Krankheitserscheinungen wie Phylloxera, sich als irrig herausgestellt hat.

der Triebe zu runden, wollhaarigen, festgeschlossenen Blätterköpfchen zusammengezogen sind. Weißfilzige Triebspitzen zeigt auch noch Origanum vulgare L., dessen Milbe von Bremi als Eriophyes Labiatiflorae B. bezeichnet worden ist. Blüthendeformation findet sich auch bei Calamintha Acinos Clairv. Die den Thymus-Köpfchen ähnliche Bildung weißfilziger Triebspitzen von Veronica Chamaedrys wird durch eine Gallmücke (Cecidomyia Veronicae Bremi) hervorgebracht. Von Phytoptus wird auf dieser Pflanze eine Erineum-Bildung der Blätter, die sich manchmal auch ausstülpen und rollen, verursacht. Veronica officinalis L. und saxatilis Jaqu. zeigen dagegen wiederum Vergrünung der Blüthen. Viola hat Blattrandrollung nach einwärts.

Die Webermilbe oder rothe Spinne, Tetranychus telarius L. und der Kupferbrand des Hopfens.

Anhangsweise sei hier einer Milbe gedacht, die zwar nicht als Gallenerzeuger, wohl aber als ein bedeutender Schädling unserer Kulturpflanzen bekannt ist. Ihre schnelle Vermehrung macht die Beschädigung, welche in einem Ansaugen der Blätter und nachfolgendem Verfärben und Dürrwerden besteht, sehr fühlbar. Da das Thier in der Wahl seiner Nährpflanzen gar nicht diffizil, so ist die Ausbreitung dieser Milbenplage über große Flächen eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Eine der von der rothen Spinne am meisten geschädigten Kulturen sind die Hopfenanpflanzungen, bei denen die Krankheit als Kupferbrand bekannt ist. Der Kupferbrand zeigt sich in der Regel bei intensiv heißem Wetter zunächst darin, daß in den Winkeln der Blattnerven einzelne Zellgruppen eine für das bloße Auge gelbröthliche Färbung annehmen. Die Flecke vermehren sich, fließen zusammen, dehnen sich in kurzer Zeit über das ganze Blatt aus, verfärben sich bis in das trockenhäutig Braune und leiten damit das Schlaffwerden und schließlich die Dürre des Blattes ein. Schon bei dem ersten Auftreten der Flecke gelingt es am Tage, in der Regel zunächst an einer Seite der Nerven orange bis rothgefärbte Milben auf der Blattunterseite zu finden. Das bloße Auge gewahrt bei der schnellen Vermehrung alsbald zarte, seidenglänzende Fäden, die zu einem feinen Gespinnste verwebt sind.[1]) Wenn sich die Milben in größerer Menge auf die Fruchtstände ziehen, bleiben dieselben im Wachsthum zurück und verkümmern. Von solchen stark befallenen Fruchtständen, welche wie die Blätter, allmählich sich mit mattgelben Eiern und braunen Kothklümpchen bedecken, hängen bisweilen die Thiere in schnurförmigen Gespinnsten herab. Der schnell eintretende Tod (nach Voß sollen befallene Hopfenblätter schon nach 2 Tagen zu Grunde gehen) der vom Kupferbrand befallenen Pflanzentheile läßt die Krankheit ähnlich wirken, wie vorzeitige Entlaubung. Der Blattapparat geht vor seiner normalen Reife zu Grunde und die wichtigen Stoffe, welche sonst in den Stengel zurückwandern, gehen verloren. Dies bezieht sich namentlich auf die Alkalien, wie aus den Analysen

[1]) Voß: Beiträge zur Kenntniß des Kupferbrandes ꝛc. Verhandl. d. zool.-bot. Gesellschaft z. Wien 1875.

von Fleischmann[1]) hervorgeht. Demnach ergaben die durch Milben zerstörten Blätter nur 17,3 % Asche der lufttrocknen Substanz, während die gesunden 22,3 % Asche enthielten. In der Asche der durch Milben zerstörten Blätter fanden sich 5,322 % Phosphorsäure und 9,631 % Kali, während in den gesunden Blättern nur 4,203 % Phosphorsäure und 5,713 % Kali, dagegen aber mehr Kalk enthalten waren.

Die den Spinnen ähnliche, ziegelrothe, achtbeinige Milbe des Hopfens wurde von Fleischmann als besondere Art, Tetranychus humuli, aufgefaßt, von Voß aber als identisch mit der allenthalben verbreiteten „rothen Spinne" T. telarius L. nachgewiesen; sie ist als Hopfenfeind schon seit dem vorigen Jahrhundert bekannt[2]) und geht auch unter dem Namen Trombidium telarium, tiliarum et socium Herm., Gamasus telarius Latr. und Tetranychus lintearicus Dufour. Das Thierchen mißt 0,25—0,50 mm in der Länge und etwa 0,12 bis 0,30 mm in der Breite; nach Voß, der auch eine genauere Beschreibung liefert, bohrt dasselbe mit dem Rüssel das Blatt an, wobei es den Körper fast vertikal in die Höhe hebt und in dieser Stellung einige Minuten lang saugt. Aus den gegen Ende August gelegten Eiern kommen die Jungen als sechsbeinige Larven hervor, welche nach mehreren Häutungen das letzte Beinpaar erhalten.

In diesem vollkommenen Zustande überwintern die Thiere auch; sie suchen in den kühlen Herbsttagen Schutz gegen die Kälte in den Rissen der Rindenschuppen und Stangen, unter Holzstücken, Rinnen u. s. w.

Bei der Frage nach der Bekämpfung frägt man wohl zuerst nach den natürlichen Feinden; als solche werden Spinnen und Insekten, namentlich aber die Larven der Florfliegen (Hemerobidia) angegeben. Im Allgemeinen sind die Florfliegen den Blattläusen besonders gefährlich, indem ihre Larven die Läuse aussaugen; für den Hopfen giebt Gerstäcker[3]) eine spezielle Art der Florfliegen (Hemerobius humuli Fab.) an. Aber selbst vorausgesetzt, daß diese Larven wirklich bedeutende Mengen von Milben zu tödten im Stande sind und daß sie in dem sicherlich sehr häufig eintretenden Falle des gemeinsamen Vorkommens großer Mengen von Blattläusen und Milben den Letzteren wirklich den Vorzug geben, bleibt die Hoffnung auf eine bedeutende Verminderung der Krankheit durch besondere Vermehrung der Feinde doch immerhin eine schwache. Abgesehen von der schnellen Vermehrung der Milben, deren Eier nach wenigen Tagen schon ausschlüpfen, so daß schwerlich die Vermehrung der Feinde gleichen Schritt zu halten vermag, ist die stets mögliche Einwanderung neuer Milben

---

[1]) Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. IX und Jahresb. f. Agrikulturchemie, Bd. X (1867), S. 148.

[2]) Etler: Praktischer Unterricht zur Anlage und Kultur des edleren Hopfens. Leipzig 1799, S. 50.

[3]) Gerstäcker im Handb. d. Zool. Leipzig 1863, S. 73.

von andern Pflanzen in's Auge zu fassen. Von diesen andern Nährpflanzen dürfte am meisten die Linde bekannt sein, deren Blätter in der heißen Zeit nicht selten ganz rothgelb aussehen; außerdem leidet nach Haberlandt der dem Hopfen verwandte Hanf, sowie die sämmtlichen Schmetterlingsblüthler, der Krapp und die Weberkarde, Mohn, Lein, alle Gräser und nach Dugès auch Rose, Eiche, Hainbuche, Winde u. dgl.

Da man somit auf die natürlichen Feinde nicht rechnen kann, hat man die verschiedenartigsten, künstlichen Vertilgungsmittel versucht. Am erfolgreichsten erscheint mir das Bespritzen mit kaltem Wasser. Ein amerikanischer Züchter hat bei Anwendung von Eiswasser einen durchgreifenden Erfolg erzielt. Es ist dieses Mittel auch bei den vielen Blattpflanzen unserer Glashäuser in Anwendung zu bringen, da die bei Blattläusen häufig wirksamen Waschungen mit Abkochungen von Quassiaholz, Tabaksblättern, sowie mit verdünntem Weingeist sich bei den Milben [1]) ebenso wenig sicher erwiesen haben, wie die Räucherungen mit Tabaksblättern. Neuerdings wird das Eintauchen der Krone der Topfpflanzen in Wasser von 40—45 ° C. sehr empfohlen.

Als Vorbeugungsmittel ist das Schälen der Hopfenstangen, unter deren Rindenschuppen die Milben überwintern, nicht außer Acht zu lassen. Auch hat man sich dadurch vor dem Kupferbrande zu schützen gesucht, daß im Frühjahr die Entwicklung der Hopfenpflanze zurückgehalten wurde; die ersten Schößlinge wurden durch scharfen Schnitt am Aufranken verhindert und erst die später ausbrechenden an die Stangen geleitet. Einzelne Angaben in der Literatur sprechen für einen günstigen Einfluß von Zwischenfrüchten (Kartoffeln) bei der Hopfenkultur.

Sehr beachtenswerth und eingehender Prüfung würdig ist die Behauptung vieler Praktiker, welche das verheerende Auftreten von Milben und Blattläusen von einer Disposition der Pflanze herleiten. Bekannt ist, daß manche Pflanzen (Tabak, Liebesapfel, Kartoffel) vom Kupferbrande wenig leiden; bekannt ist ferner, daß bei großer Beleuchtung und Hitze, verbunden mit Lufttrockenheit die stark verdunstenden Pflanzen vom Honigthau befallen werden, also krankhafte Ausscheidungen zeigen, welche ein besonders günstiges Moment für die Vermehrung der Blattläuse bilden. Es ist somit gar nicht unwahrscheinlich, daß die Witterung, unter welcher wir den Kupferbrand rapid sich verbreiten sehen, nämlich ebenfalls heiße, trockne Tage, die Nährpflanzen in einen Zustand versetzt, der der Ernährung der Milben günstiger ist oder die Pflanzen weniger widerstandsfähig macht; dasselbe Wetter ist dabei auch der Vermehrung der Thiere sehr zusagend. Wenn man solche Coïncidenz der Schwächung der Nährpflanze mit der Stärkung der Vermehrungsfähigkeit des Parasiten als Dis-

---

[1]) Haberlandt: Wissensch.-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, I, S. 248.

position zur Erkrankung aussprechen will, so läßt sich wohl die Behauptung der Praxis als wahrscheinlich annehmen.

In der englischen Literatur finden sich Angaben über einen Tetranychus Taxi.[1]) Eine andere Milbe wird angegeben als Hyacinthenfeind: Tyroglyphus echinopus, der das Herz der Zwiebeln zerstören soll.[2]) Schließlich sei noch eines Gallenerzeugers (Dendroptus Krameri Kühn) in den Blüthen der Agrostis-Arten[3]) gedacht.

h) Vermes.

Um bei der Aufzählung der Gallenerzeuger einen einigermaßen vollständigen Ueberblick zu gewinnen, müssen wir auch der parasitischen Würmer gedenken. Dieselben gehören in die Klasse der Rundwürmer (Nematelminthes) und zwar in die Unterabtheilung der mit Mund, Darm und After versehenen Nematodes Rud. zur Familie der Anguillulidae Eb. Bei ihnen erweitert sich der cylindrische, häufig Chitinstäbchen tragende Oesophagus oft in einen zwiebelförmigen Muskelmagen, dem zuweilen noch eine häutige Magenabtheilung folgt. Augen sind selten vorhanden. Die alte Gattung Anguillula, welche die mikroskopisch kleinen Gallenerzeuger liefert, ist durch Schneider[4]) getheilt worden, so daß die Pflanzenparasiten jetzt von den Humusanguillen getrennt werden. Wir folgen der Schneider'schen Umgrenzung, wie dieselbe von Kühn[5]) wiedergegeben wird.

Schneider unterscheidet unter den Nematoden 3 Gruppen nach dem Baue des Muskelsystems: 1. Die Holomyarii, bei denen die Leibesmuskulatur entweder vollkommen ungetheilt oder nur durch Längslinien getheilt ist; 2. die Meromyarii, bei denen die Muskeln 8 Streifen bilden, welche durch schiefe, von der Rücken- und Bauchlinie aufwärts verlaufende Streifen in einzelne Abtheilungen (Muskelzellen) getheilt sind; 3. die Polymyarii, deren Muskeln aus vielen (mehr als 8) neben- und hintereinander liegenden Zellen bestehen. Die Parasiten in der Gattung Anguillula im engern Sinne zusammengefaßt, gehören in die erste Gruppe, die Humusanguillen in die zweite, welche die Gattungen Pelodera und Leptodera enthält. Ueber die Lebensweise dieser Gattungen sagt Schneider, daß sie ihre Nahrung in stickstoffhaltigen, faulenden Substanzen finden. Ueberall in Erde und Wasser finden sich ihre geschlechts-

---

1) Gard. Chronicle 1875, S. 659 u. 726.

2) Kramer: Ein Feind der Hyacinthenzwiebeln. Bot. Centralbl. 1881, Bd. VI, S. 377.

3) Kühn: Eine neue Milbengalle auf dem Straußgrase. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XIII, S. 212.

4) Schneider: Monographie der Nematoden. Berlin 1866.

5) Kühn: Die Anguillulen. Fühling's neue landw. Zeit. 1873, S. 1.

losen Larven, die an Fäulnißheerden geschlechtsreif werden; die Jungen, welche sie gebären, werden ebenfalls darin geschlechtsreif.[1])

Nach einiger Zeit beginnt ein, meist in großen Schaaren eintretendes Wandern der geschlechtsreifen und der von denselben geborenen Thiere sich zu zeigen. Trocknen die Thiere einmal auf der Wanderung ein, dann sterben die Alten zwar ab, die Jungen aber setzen ihre Bewegungen in Wasser oder feuchter Erde fort, indem sie in einen Cystenzustand übergehen, in welchem die Bewegungen zwar nicht gehemmt sind, der Mund aber vollständig verschlossen ist. Auf diese Weise können sie, ohne Nahrung zu sich zu nehmen, mehrere Wochen leben; allein wenn sie bis dahin keinen neuen Fäulnißheerd gefunden haben, sterben auch die Jungen ab, indem ihr Körper in fettglänzende Tropfen zerfällt.

Einige Spezies suchen während dieser Wanderung auch andere Thiere auf: Leptodera appendiculata dringt in das Innere der schwarzen Nachtschnecke (Limax ater), während Pelodera papillosa auf der Leibeshaut dieser Schnecke sich aufhält. Pelodera pellio lebt in der Leibeshöhle des Regenwurms (Lumbricus agricola) u. s. w. Erst bei dem Verlassen oder dem Absterben ihrer Wirthe werden diese Einwanderer geschlechtsreif; doch ist bei keinem derselben der parasitische Zustand für die Entwicklung nothwendig. Die Wege, auf welchen die Cysten dieser Würmer verbreitet werden, sind gewiß, wie bei den Infusorien sehr zahlreich. Die bekannten Kleister- und Essigälchen, die früher als zwei verschiedene Arten (Anguillula aceti und A. glutinus) angesprochen wurden, gehören ebenfalls hierher und bilden eine einzige Art: Leptodera oxophila Müller.

Ebenso finden sich nun Arten dieser beiden letzteren Gattungen an allen kranken oder bereits gestorbenen Pflanzentheilen, wie z. B. den durch Bacteriosis faulenden Kartoffeln, den durch Insektenfraß beschädigten Getreidepflanzen und faulenden Rüben, den durch Peziza ciborioides zerstörten Kleestöcken u. s. w. Da aber auch parasitische Anguillen gleichzeitig mit den Pelodera- und Leptodera-Arten vorkommen, so sind folgende Merkmale zur Unterscheidung der eigentlichen Parasiten festzuhalten. Bei den ersteren beiden Arten ist der Mund

---

[1]) Verh. d. k. k. zoolog.-bot. Ges., Jahrg. 1874. Löw weist darauf hin, daß die Anguillulidae, wie schon Linné wußte (syst. nat. ad. XII, p. 1326), theils ovipar, theils vivipar sind. Diese verschiedene Fortpflanzungsweise kommt selbst bei einer und derselben Art vor. Schon Göze (Mikrosk. Erfahrungen über die Essigaale, Naturforscher 1 Stück 1774) berichtet, daß die Essigälchen nach Art der Aphiden vom Juli bis Herbst lebendige Junge gebären und im Herbst Eier legen, welche überwintern. Ja sogar ein und dasselbe Individuum kann ovi- und vivipar sein, wie Claus (Zeitschr. f. wiss. Zool. XII, Bd. 1863, p. 354) angiebt. Schon Grube („Ueber einige Anguillulen und die Entwicklung von Gordius aquaticus." Archiv f. Naturg., 15. Jahrg., I, 1849) machte darauf aufmerksam, daß alle in Pflanzen lebenden Aelchen ovipar sind. Bei den viviparen z. B. Ang. aceti, glutinis, fluviatilis werden die Jungen noch in dem Eihäutchen eingeschlossen geboren.

in seiner Bildung deutlich erkennbar, in der Regel mit 2, 3 oder 6 Lippen in Form kleiner Hervorragungen umstellt und in ein cylindrisches Rohr (Vestibulum) führend, dem sich der eigentliche Schlund anschließt. Bei einigen Spezies fehlen die Lippen und bei noch andern auch das Vestibulum; die Mundöffnung führt in solchem Falle in eine kürzere Mundkapsel und hierauf unmittelbar in den Schlund. Bei den ächten Parasiten, den Anguillen- oder Tylenchus-Arten dagegen ist der Mund klein und ohne Hervorragungen; Mundkapsel oder Vestibulum fehlen, dagegen liegt in der Mundhöhle ein kleiner (nach Kühn bei A. devastatrix z. B. 0,015 mm langer) Stachel, dessen hinteres Ende verdickt ist. Dieses auch schon bei den Embryonen und Larven vorhandene Gebilde bleibt bei allen Bewegungen der Würmchen steif und fällt als ein sehr scharf begrenztes, bläulich schimmerndes, kleines Stäbchen mit knopfartiger Verdickung am hintern Ende stets deutlich in die Augen.

Diese Unterschiede führten zur Aufstellung einer neuen Gattung: Tylenchus Bastian (Vibrio Müller; Anguillula Hempr. et Ehrenberg; Rhabditis Duj.). Die Gattung, die also durch das Vorhandensein eines Mundstachels leicht erkennbar, umfaßt alle gallenerzeugenden Nematoden, bei denen das Weibchen in der Schwangerschaft nicht unförmlich blasenartig aufschwillt und durch seine Körperdecke eine cystenartige, schützende Umhüllung der Eier bildet. Ist dies Letztere der Fall, so gehören die Thiere in die von Schmidt[1]) aufgestellte Gattung Heterodera. Beide Gattungen verbleiben wegen ihrer Muskulatur bei den Schneider'schen Holomyariern.

Von den durch Tylenchus-Arten erzeugten Krankheiten ist unbedingt

die Radenkrankheit oder das Gichtkorn des Weizens

die landwirthschaftlich wichtigste. Der Name „Radenkrankheit", der im Allgemeinen verbreiteter als die Bezeichnungen „Gichtkrankheit" und „Kaulbrand" ist, kommt von der Gestalt der Gallen, welche an Stelle der Körner entstehen; diese Gestalt gleicht ungefähr dem Samen der Kornrade (Agrostemma Githago) und nach diesem Merkmal nennen auch die Franzosen solche Gallen grains niellés[2]) nach Nielle, Kornrade. Wenn man derartige Radekörner des Weizens öffnet, findet man in ihnen eine weiße, wollige, leicht entfernbare Masse, welche aus Hunderten kleiner Aelchen (Tylenchus tritici Bast., Anguillula tritici) besteht, die im Wasser nach einigen Stunden anfangen, eine schlängelnde, lebhafte Bewegung anzunehmen. Schon Bauer[3]) machte die

---

[1]) A. Schmidt: Ueber die Rübennematoden (Heterodera Schachtii A. S). Zeitschr. d. Ver. f. d. Rübenzuckerindustrie im Zollverein. Bd. XXI, 1871, S. 1.

[2]) Prillieux: Etude sur la formation des grains niellés du blé. Annales de l'institut national agronomique No. 5. — IV. année 1879/80. Paris 1882, S. 159. Wir folgen im Obigen vorzugsweise dieser Darstellung.

[3]) Transactions of the Linnean Society London, Vol. I.

Beobachtung, daß diese Thiere mehrere Jahre in dem Zustande des Scheintodes verbringen und in günstigen Verhältnissen wieder aufleben können. Davaine[1]) bestätigte diese Erfahrung. Die im Radenkorn befindlichen Aelchen stellen geschlechtslose Larvenzustände dar, die, wenn sie in den Körnern im Herbst oder Frühjahr ausgesäet werden, aus der Galle heraustreten und sich zwischen die Blattscheiden des keimenden Getreides einnisten, nach Anlage der Aehre in die jungen Blüthen hineinkriechen und meist dort in die Fruchtknoten eindringen, die dann zum „Gichtkorn" deformirt werden. Das kranke Weizenkorn ist nach oben zu etwas verschmälert, rundlich-dreikantig, gebräunt, an der der Furche gegenüberliegenden Seite am stärksten ausgebaucht und durch Wucherung des Gewebes sehr dickschalig. Nach Davaine sind die Gichtkörner nicht immer mißbildete Fruchtknoten, sondern können wahrscheinlich auch aus Staubgefäßen hervorgehen; es fanden sich nämlich in den erkrankten Blüthen noch die verkümmerten Pistille. Für diese Ansicht spricht auch Bastian's[2]) Wahrnehmung bei seinen Impfversuchen, wonach die Radenkörner an den kranken Pflanzen stets schon gebildet waren, wenn die gesunden Halme erst zu blühen begannen. In den Gallen werden die Larven geschlechtsreif und Männchen sowohl als (nach dem Eierlegen) auch die Weibchen sterben sodann ab; aus den Eiern entschlüpfen alsbald die Jungen.

Die Angaben Davaine's über die Einwanderung der Thiere wurden durch die Beobachtungen von Prillieux berichtigt. Dieser Forscher säete Radenkörner unter gesundes Getreide im Dezember 1880 und sah seine Infection alsbald gelungen. Denn im folgenden Jahre zur Zeit des Schossens zeigten die Sprossen das für die Krankheit charakteristische Ansehen. (Fig. 56.) Gegen Mitte Mai bemerkte man nämlich die auffallende Kürze und Dicke der Triebe; die Streckung des jungen Stengels und der Blätter schien erschwert; die inneren Blätter konnten nur mit Anstrengung aus der Umhüllung der älteren Blätter loskommen und die eigentliche Blattfläche zeigte in Folge dessen sich oft meist querfaltig und zerknittert (a) oder auch gedreht und die Ränder stark gekräuselt (b). In h sehen wir die Eier, in denen die Aelchen vor ihrem Ausschlüpfen Bewegungen in Form der 8 machen; g ist ein ausgewachsenes männliches Thier (nach Prillieux). Bei dem Oeffnen der Scheiden der jungen Blätter zeigten sich Unmassen von Aelchen (ff); indeß war die junge, etwa 1 Mm. große Aehrenanlage noch nicht durch eingewanderte Thiere angegriffen, sondern nur sammt den ganz jungen, ineinander geschachtelten Blättern überdeckt durch Tausende sich bewegender Thiere. Ebenso verhielten sich die jungen Sprossen in den Achseln der älteren Blätter. Erst zur Zeit, als die Aehrchen

[1]) Compt. rend. 1855, XLI, S. 435.

[2]) Bastian: Monograph on the Anguillulidae, Transactions of the Linn. Soc. of London, Vol. XXV, 1866, p. 73 ff.

sich an der jungen, zarten Spindel zu differenziren begannen (Anfang Juni), wurde die Invasion der jungen Aehre beobachtet. Alle Anguillen verließen die Blattscheiden und wanderten auf die etwa 0,5 cm lange Aehre, die sie in solcher Dicke überzogen, daß man die Differenzirung der Spindel gar nicht erkennen konnte. Aber noch waren die Thiere nicht in das Gewebe der Aehre hineingedrungen; dies fand erst statt, als die jungen Blüthen bereits soweit angelegt waren, daß die 3 Staubgefäße als Höcker sich hervorschoben. Um



Fig. 56.

diese Zeit fand Prillieux die Aelchen mit dem Kopfe in eine geschwollene Zellenmasse am Grunde der Blume eingebohrt; es ist diese Zellenmasse der erste Anfang zum Gichtkorn; außer dieser Parthie waren nur die Aehrchendeckblätter (glumelles) noch irritirt, weil die junge Blume eben zur Zeit der Invasion noch keine anderen Organe als die Deckblattanlagen und die 3 Staubgefäßhöcker besaß. Letztere hypertrophiren und bilden dicke, breite und auch relativ hohe Cylinder, welche seitlich mit einander zu einer Art kurzer, dicker

Röhre verschmelzen mit nach innen vorspringenden, warzigen Leisten. Diese Leisten entstehen aus dem zwischen den Staubgefäßanlagen befindlichen, hypertrophirenden Blumengrunde. Durch Vergrößerung dieses ärmelartigen, sich später oben schließenden, manchmal gefächerten Gallenkörpers wird der Raum zum gänzlichen Schutz der Thiere endlich geschaffen. Die nach Prillieux gezeichnete Figur 57 zeigt eine zweispitzige Galle, gefüllt mit Anguillen (f) und schon geschlossen durch Ueberwachsen der ursprünglich rinnenartigen einzelnen Theile (e). Die Wand der unregelmäßig kugeligen Galle besteht aus sehr großkernigen, noch in Vermehrung begriffenen Zellen mit plasmatischem, stärkelosem Inhalt. Die Zellmembran ist dünn; nur bei den warzenartig in das Innere vorspringenden, mit den Aelchen direkt in Berührung kommenden Höckern verdickt sich und vergallert die Zellmembran. Diese verschleimte Membranparthie dient jedenfalls den noch im Laufe des Monats Juni geschlechtsreif werdenden, über und durch einander gewickelten Aelchen zur Nahrung. Später, wenn die Galle ihre definitive Größe erreicht hat, bräunen und verdicken sich die Zellwandungen in um so stärkerem Maße, je mehr die Zellen sich der Peripherie nähern, so daß zur Zeit der Ernte das Gewebe sich dem collenchymatischen Charakter stark zuneigt. Während des ganzen Sommers findet die Ausbildung und die Entleerung der Eier statt, so daß zur Zeit, in welcher die normalen Getreidekörner noch nicht gänzlich ausgebildet sind, man in den Gichtkörnern die bereits abgestorbenen, geschlechtlichen Thiere, sowie Eier und Larven in den verschiedensten Entwicklungsstadien gleichzeitig finden kann. Nach einer etwa eintretenden Störung bleiben nur die bereits ausgewachsenen Larven lebensfähig; weder Eier, noch junge Larven vermögen nach einer Störung wieder aufzuleben.

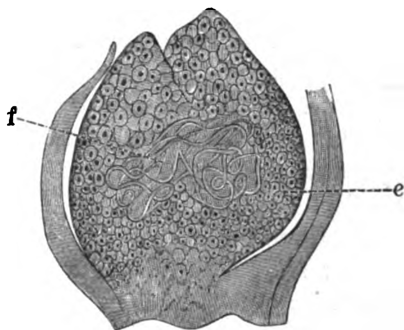


Fig. 57.

Nach diesen Beobachtungen ist das Gichtkorn also ein Gallenprodukt, an dessen Herstellung der Grund der Blüthe vor Anlage eines Fruchtknotens und das Gewebe der eben angelegten Staubgefäße theilnehmen. Prillieux widerlegt somit die Ansichten von Davaine, als auch die von A. Braun und Haberlandt, wonach die Thiere durch den Griffelkanal in den Fruchtknoten gelangen sollen und denselben deformiren.

Die Krankheit ist jedenfalls reichlicher verbreitet, als man im Allgemeinen anzunehmen geneigt ist. Fr. Haberlandt[1]) fand in Oesterreich bei 43 Proben

[1]) Nach Wiener landw. Ztg. 1877, Nr. 40, cit. in Biedermann's Centralbl. 1878, S. 553.

aus verschiedenen Provinzen die große Anzahl von 20 Proben mit Gichtkörnern. Ueber die leichte Verbreitungsfähigkeit der Krankheit giebt uns derselbe Autor Aufschluß. Durch 20 zur Infection ausgestreuete Körner wurden 1497 Gallen erzeugt, und zwar fanden sich von der Infectionslinie aus bis auf 20 cm Entfernung hin noch Gallen vor. Als bestes Mittel dürfte das Absieben der Gichtkörner gelten, indem selbst die größten Gallen einen merklich geringeren Durchmesser besitzen, als ein mittleres Weizenkorn. Davaine[1]) hat ein Einquellen des Saatgutes in ein mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser (1 : 200 Vol. Wasser) empfohlen. Die (nach Prillieux) von Deschèsnes angestellten vergleichenden Versuche mit dem mehrstündigen Einquellen in angesäuertes Wasser und der gewöhnlichen Kupfervitriolbeize haben allein bei ersterer Flüssigkeit ein günstiges Resultat gegeben, während selbst eine concentrirtere Kupfervitriollösung eine schwere Schädigung durch Gichtkörner wieder auftreten ließ.

Die Stockkrankheit des Roggens.

Die Aelchen, welche den Namen Tylenchus devastatrix (Anguillula devastatrix K., A. dipsaci Kühn, Anguillula secalis Nietsche)[2]) führen, erzeugen bei dem Roggen keine Gallen. Nach König[3]) machen sich die ersten Anzeichen der Krankheit darin kenntlich, daß einzelne Blätter der sonst normal aussehenden, jungen Pflanzen schon einige Wochen nach der Aussaat eine eigenthümliche, wollige Beschaffenheit ihrer Oberfläche zeigen. Größere Fortschritte macht bei dem Wintergetreide die Krankheit aber erst im Frühjahr, indem viele der neu entwickelten Blätter auffallend schmal bleiben, die schwächlichen Pflanzen auch wohl immer kümmerlicher werden und ganz absterben. Die kräftigeren, am Leben bleibenden Exemplare zeigen am Grunde eine zwiebelartige Verdickung durch Anschwellung der Blattscheiden und die Anlage seitlicher, meist steckenbleibender Triebe. Derartig erkrankte Exemplare haben gewöhnlich im April schon eine gänzlich abgestorbene Wurzel und faulige Stengelbasis. Die an den Rändern der befallenen Ackerstellen stehenden Pflanzen sind minder erkrankt und bringen es bis zur Streckung der Halme; aber die Streckung ist oft unvollkommen und bisweilen bleiben die Aehren in den Blattscheiden sitzen, während einzelne Halme sich ganz normal entwickeln. Die Aelchen sind dann im Parenchym der Internodien und der Blattscheidenbasis; zwischen den Gefäßbündeln liegen geschlechtsreife Thiere, Eier und Larvenzustände.

Nach den von Kühn ausgeführten Untersuchungen ist das Roggenälchen

---

[1]) Recherches expérimentales sur la vitalité des anguillules. Compt. rend. XLIII, S. 148.

[2]) Verhandl. d. zool.-bot. Gesellsch. in Wien. Bd. XVIII, S. 901.

[3]) Beobachtungen über die Wurmkrankheit des Roggens, cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agriculturchemie 1878, Augustheft, S. 610.

mit dem der Weberkarde (Tylenchus dipsaci Kühn) identisch.[1]) Bei den Karden gelangen die Thierchen in die Blüthenköpfe und erzeugen hier die Kernfäule der Karde, die wohl auch unter den Namen „Knoten“ oder „Kropf“ bekannt ist. Der Markkörper des Blüthenbodens wird braun. Die Samen werden bei der gestörten Ernährung um die Hälfte kleiner und abgerundeter; ihr Federkelch ist doppelt so groß als gewöhnlich, aber nicht gestielt. Daß wir es hier mit denselben Thieren, wie bei dem Roggen zu thun haben, geht daraus hervor, daß Kühn Stücke von kranken Kardenköpfen mit dem Roggen zusammen aussäete und dadurch stockkranken Roggen erzielte. Wahrscheinlich haben diese Aelchen noch eine größere Menge Nährpflanzen. So fand Kühn die Thiere im Innern des Stengels von Buchweizen bis zu den verkümmerten Blüthenrispen hinauf vorgedrungen; auch bei Hafer und Klee und, wie es scheint, bei der Kornblume und Kornrade (nach Karmrodt und Rhode) sind die Thiere aufgefunden worden.

Bei der Ausdehnung, welche derartige Wurmkrankheiten leicht nehmen können und nachweislich zeitweise auch schon genommen haben, ist es nöthig, an Vorbeugungs- und Heilmittel zu denken. Vor allen Dingen wird der Landwirth sich hüten müssen, älchenhaltiges Stroh als Einstreu oder zu Futterzwecken zu benutzen; denn er bringt dann mit dem Dünger die Thiere wieder auf den Acker. Wenn sich die Beobachtung von König bestätigt, daß die Ausbreitung der Krankheit genau nach den Wegen erfolgt, welche die zusammen- und abfließenden Regenwässer vom infizirten Acker aus eingeschlagen haben, dann wird man sich allerdings zu einem Radikalmittel entschließen müssen, nämlich die Ernte auf den kranken Feldern gleich an Ort und Stelle zu verbrennen. Der Besitzer müßte dann, wie in ähnlichen Fällen bei Seuchen, aus öffentlichen Mitteln entschädigt werden. Falls sich nur einzelne Stellen in einem Acker infizirt zeigen, umgrenze man dieselben durch einen tiefen Graben und verbrenne die eingeschlossenen Pflanzen sofort auf dem Felde. Im Boden wird der Feind nur durch das von Kühn vorgeschlagene Mittel, nämlich das Rigolen auf $1/2$ m Tiefe, zu vertilgen sein; die Thiere kommen dabei so tief in die Erde, daß sie zu Grunde gehen müssen. Endlich vermeide man auf derartigen Aeckern den Anbau solcher Pflanzen, die, wie im Vorhergehenden angeführt, auch Träger desselben Parasiten sind. Da im geregelten Wirthschaftssystem sich für mehrere Jahre hindurch aber wahrscheinlich eine solche Ausnahmestellung größerer Ackerflächen nicht gut wird durchführen lassen, so lasse man wenigstens dort, wo der Stock aufgetreten, Hackfrüchte folgen.

---

[1]) Zeitschrift d. landw. Central-Ver. d. Prov. Sachsen, 1867, S. 99. — Zeitschr. für wissensch. Zoologie, Bd. IX, 1858. — Die Wurmkrankheit des Roggens. Halle 1869.

Die Wurmkrankheit der Hyacinthen.

Vor wenigen Jahren ist von Prillieux [1]) eine Krankheit bei den weißen römischen Hyacinthen entdeckt worden, welche vorläufig nur für Frankreich eine größere Bedeutung besitzt, da im mittäglichen Frankreich die Anzucht dieser Hyacinthen in beträchtlicher Ausdehnung betrieben wird, aber auch in Deutschland Aufmerksamkeit beansprucht, da sie, wenngleich jetzt nur sporadisch, immerhin vorhanden ist. Schon bei dem ersten Erscheinen der Krankheit hat man nach Vilmorin's Angaben einen Ernteausfall an Zwiebeln um ein Fünftel bis ein Viertel constatiren können; bei längerer Dauer gehen ganze Kulturen zu Grunde. Es wurde versucht, die Kulturen in Algier wieder aufzunehmen, aber auch dort zeigte sich die Krankheit.

Die ersten Anzeichen machen sich durch das Auftreten gelber, über die ganze Oberfläche vertheilter Flecken an den noch grünen Blättern kenntlich. Die Blattoberhaut ist überall unversehrt; die gelben, länglichen, nicht scharf contourirten Flecke fangen später an, in der Mitte zu vertrocknen. Alsbald (schon zu Anfang April) ist die Krankheit auf den Zwiebelhals übergegangen und setzt sich von da an einzelnen Schuppen nach dem Zwiebelboden hin weiter fort, indem auf der sonst weißen Schuppenoberfläche durchscheinende, später braun werdende Flecke auftreten. Bei weiter fortgeschrittener Krankheit soll der Querschnitt der Zwiebel braune, von einzelnen zerstörten Schuppen herrührende Ringe zwischen den gesunden Zwiebelschuppen zeigen und in Folge dessen genau dasjenige Krankheitsbild darstellen, das man unter der Bezeichnung der „Ringelkrankheit“ zu verstehen pflegt. Nach meiner Anschauung ist die überall verbreitete Ringelkrankheit auf eine, durch die jetzt herrschende Kulturmethode veranlaßte Unreife der Zwiebelschuppen zurückzuführen. Die nicht genügende Reife giebt dem bei feuchter Luft sich überall einnistenden Pinselschimmel Penicillium glaucum einen so günstigen Nährboden in einzelnen, noch saftigen Schuppen, daß derselbe grade so wie bei Aepfeln und Birnen die Zersetzung des bisher gesund gewesenen Gewebes veranlaßt. Auch von den Anguillen ist nun eine Einwanderung in einzelne Schuppen der Zwiebel beobachtet worden. Daß einzelne, braune, abgestorbene Schuppen zwischen den dauernd gesund bleibenden auftreten, beweist, daß die Krankheit in horizontaler Richtung sich nicht von einer Schuppe auf die andere überträgt, sondern in der erkrankten Schuppe abwärts bis zum Zwiebelboden steigt und von diesem aus neue Schuppen zu ergreifen im Stande ist. Bei feuchter Aufbewahrung siedelt sich auf den erkrankten Zwiebeln das bekannte Penicillium glaucum an.

---

[1]) Prillieux: La maladie vermiculaire des Jacinthes. Journ. d. l. Soc. nat. d'Hortic. III. Ser. III. 1881, S. 253.

Ein durch die gelben Blattflecke parallel der Oberfläche ausgeführter Schnitt zeigt zwischen den Blattzellen eine Menge bis 1 mm langer, im geschlechtsreifen, Larven- und Eizustande befindlicher Aelchen, welche Prillieux als Tylenchus Hyacinthi einstweilen eingeführt hat und die vielleicht mit dem T. devastatrix oder Dipsaci identisch sind. Bis jetzt könnte als Unterscheidungsmerkmal etwa nur der Umstand gelten, daß bei dem Hyacinthenälchen die Größe der Männchen diejenige der Weibchen erreichen und selbst übertreffen kann, während bei dem Roggenälchen die Größendifferenz der Geschlechter sehr in die Augen springt. Wie bei den anderen Tylenchus-Arten haben auch bei denen der Hyacinthen die Weibchen ein spitzes Schwanzende, während bei den Männchen dasselbe mit flügelartigem Anhange versehen ist.

Wenn die Blätter der Hyacinthe abzuwelken beginnen, steigen die Thiere in die fleischigen Schuppentheile hinab, in denen sie ihre Vermehrung fortsetzen, so daß man auch hier alle Entwicklungsstadien vom Ei bis zum geschlechtsreifen Aelchen antreffen kann. Das für die Schuppe charakteristische Anzeichen der Anwesenheit von Anguillen, nämlich das Durchscheinendwerden der befallenen Stellen, wird durch das Verschwinden des Stärkemehls hervorgebracht; die eintretende Bräunung rührt theils von der schon als erstes Merkmal der Zersetzung anzusehenden Bräunung der Zellwände her, theils von dem Auftreten einer gummiartigen, gelben Masse in den Intercellularräumen, die, mit Salpetersäure behandelt, Schleimsäure giebt.

Nach dem hier wiedergegebenen Krankheitsbefunde kann es nicht zweifelhaft sein, daß die Aelchen, welche die Blätter frühzeitig vergilben machen und die Schuppen theilweise zerstören, als die Ursache der Krankheit anzusehen sind. Etwas Anderes ist es dagegen mit der von Prillieux ausgesprochenen Vermuthung, daß diese von ihm entdeckte „Wurmkrankheit“ identisch mit der von mir beschriebenen „Ringelkrankheit“ [1]) der Hyacinthen sei. Die in Folge dessen von mir aufgenommene Untersuchung des von Herrn Prillieux mir freundlichst gesandten Materials der Wurmkrankheit hat nun ergeben, daß beide Krankheiten spezifiich verschiedene, wenn auch einander sehr ähnliche und oft gemeinsam mit einander an derselben Zwiebel vorkommende sind.

Die Verschiedenartigkeit [2]) tritt bei Beobachtung der jüngsten Krankheitszustände am deutlichsten hervor. Bei der Wurmkrankheit sieht man in solchen Schuppen, in die die Thiere sehr frühzeitig ihren Einzug gehalten, nicht selten eine in der Richtung zur Längsachse der Schuppe senkrechte Streckung einiger parenchymatischen Zelllagen. Diese Streckung ist als das erste Anzeichen von Gallenbau anfzufassen, ähnlich wie diese z. B. bei Einwanderung von Phy-

[1]) Sorauer: Untersuchungen über die Ringelkrankheit und den Rußthau der Hyacinthen. Berlin und Leipzig, Hugo Voigt, 1878.

[2]) Wiener illustrirte Gartenzeitung. 1882, Heft 4.

toptus in Birn- und Apfelblätter stattfindet. Bisweilen erscheint dadurch der Schuppentheil mehrfach gewölbt, was dem bloßen Auge den Eindruck feiner Querrunzeln macht. Es ist ferner bei der Wurmkrankheit hervorzuheben, daß die Stellen, in denen die Aelchen liegen, durch braunwandiges, anscheinend verkorktes Gewebe inselartig umschlossen sind und daß Pilzmycel zunächst nicht erkennbar ist. Bei der eigentlichen Ringelkrankheit ist eine solche gallenartige Streckung im Schuppengewebe nicht zu finden; die Bräunung der Schuppen ist eine meist weit gleichmäßigere, den ganzen Querdurchmesser umfassende und immer von Mycel begleitete. Das Mycel ist häufig und zwar namentlich an der Grenze zwischen gesundem und krankem Gewebe, noch nicht innerhalb der Schuppe nachweisbar; wohl aber zeigt eine stärkere Vergrößerung, daß sich sehr zarte Mycelfäden unmittelbar unter der Cuticula der Zellen der Oberhaut hinwinden. Die sonst glänzende Oberfläche der Schuppe wird dadurch stumpf und matt und später beginnt an diesen Stellen eine Bräunung der Wandungen. Mit dem Eintreten des Mycels in das Innere der Schuppe beginnt der Lösungsprozeß der Stärke. Um einzelne Infectionsheerde bildet sich (wahrscheinlich bei Eintritt großer Trockenheit) eine uhrglasförmige Korkzone und sistirt die Krankheit. In anderen Fällen schreitet die Krankheit während der ganzen Vegetationsperiode lebhaft fort; doch erkennt man auch dort endlich einen Stillstand. Derselbe deutet sich dadurch an, daß an der Grenze des kranken Schuppentheiles sich innerhalb des gesunden Gewebes eine Zone von Korkzellen quer durch die Schuppe legt, was ich bei der Wurmkrankheit, wenn dieselbe allein in der Zwiebel vorhanden, nie zu beobachten Gelegenheit gehabt. Die Wurmkrankheit wird nicht auf die Hyacinthen beschränkt sein, sondern auch auf anderen Zwiebelgewächsen vorkommen. Bereits meldet Beyerinck, daß er die jungen Speisezwiebeln durch solche, mit den Hyacinthen-Anguillen verwandte oder identische Rundwürmer (T. Allii) hat zu Grunde gehen gesehen, während alte Zwiebeln, selbst in älchenhaltige Erde versetzt, nicht ergriffen erschienen.[1]) Die befallenen, jungen Pflänzchen zeigen sich verkürzt und verdickt; ich fand solche Exemplare auch mehrfach verkrümmt, wie dies auch bei unseren Hyacinthenblättern und bisweilen selbst bei ganzen Blüthenschäften vorkommt. Uebrigens bemerkte ich auf den Speisezwiebeln zwischen den Schuppen auch Phytoptus.

Von Aelchenbeschädigungen an andern Pflanzen ist erwähnenswerth, daß unsere gewöhnliche Schafgarbe (Achillea Millefolium L.) an den untersten Blättern kleine, ovale, gallenartige, 3—4 mm lange Auftreibungen zeigt, die vorzüglich am Mittelnerven, seltener am Grunde der Fiedern ihren Sitz haben. Diese rings geschlossenen Auftreibungen sind von der Epidermis gedeckt, anfangs normal grün gefärbt und behaart, dickwandig,

---

[1]) Beyerinck: De Oorzaak der Kroefziekte van jonge ajuin planten. cit. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XVI, Nr. 4, S. 108.

derb und saftreich. Gegen den Herbst hin werden sie dünner, saftloser, runzelig faltig und gelblich grün. Jede Galle hat eine winkelige Biegung und Drehung der Blattachse zur Folge.[1]) Die im August 1872 gesammelten Gallen enthielten, nach Thomas' Beobachtung im Oktober 1874 noch lebensfähige Aelchen.[2]) — Wahrscheinlich gehören nach Löw auch die Erzeuger der von v. Frauenfeld[3]) auf den Blättern von Gnaphalium Leontopodium Jaqu. und Falcaria Rivini Host. gefundenen Gallen hierher. Die nach Kühn[4]) von Tylenchus nivalis hervorgerufenen Gallen des Edelweis (Gnaph. Leont. — Leontopodium alpinum) haben ihren Sitz an den Blättern der gemeinsamen Hülle am Rande oder auf der Fläche des Blattes oder richtiger den am Stiel angewachsenen Tragblättern der seitlichen Blüthenköpfchen; sie sind 1,5—2,5 mm groß, ragen nach beiden Seiten gleichmäßig über die Blattfläche vor und bergen in ihrem Innern einen Knäuel von Aelchen, welche A. Braun nach 6monatlicher, trockner Aufbewahrung noch lebensfähig fand. Als kleiner, schwarzer, buckeliger Höcker zeigt sich eine Galle auf den borstenförmigen Blättern von Festuca ovina, hervorgebracht durch eine Anguillula, die Hardy als Vibrio graminis eingeführt hat.[5]) Eine ähnliche dunkelviolette, nach außen als Höcker vorspringende Galle erscheint am Grunde der Blattspreite von Agrostis canina.[6]) Die Auftreibungen entstehen durch Parenchymwucherungen. Anguillula (Tylenchus) Phalaridis Steinb. erzeugt flaschenförmige Fruchtgallen an Phleum Boehmeri und Koeleria glauca.[7]) In den Aehrchen von Agrostis stolonifera var. diffusa ist ein Aelchen (Anguillula [Tylenchus] Agrostidis) gefunden worden. Kleine, sparsame Auftreibungen durch Tylenchus fand ich an Blättern von Taraxacum officinale L. — Eine neue, den Charakter des Phytoptocecidiums annehmende Gallenform durch Tylenchus entdeckte Thomas an den Blättern von Dryas octopetala. Es ist entweder eine ca. 1 mm hoch die Oberseite überragende Ausstülpung der Blattspreite, wie bei Teucrium Chamaedrys durch Phytoptus hervorgerufen wird, oder es ist eine nach unten hin erfolgende Umschlagung des Blattrandes. Die Thiere leben im Innern des Gewebes oder in den Hohlräumen, welche durch ein theilweises, blasenartiges Abheben der unteren Blattepidermis entstehen. — Auch unsere Gartennelken finden sich von Rundwürmern heimgesucht.[8])

Von hervorragendem Interesse ist das bisher selten in großer Menge beobachtete Luzerneälchen auf Luzerne (Medicago sativa) und Rothklee (Trifolium prat.), das den Namen Tylenchus Havensteinii Kühn erhalten hat. Die Triebe der erkrankten Pflanzen sind stark verkümmert, da die Stengel sich verkrümmen und verdicken, die Blätter meist unvollkommen ausgebildet sind und bisweilen schuppenförmig bleiben. Die Knospen wachsen bei hochgradiger Erkrankung gar nicht oder nur zu kurzen Trieben aus, welche bisweilen rundlichen, gallenartigen Gebilden von weißlicher Färbung gleichen.

---

[1]) Fr. Löw: Tylenchus Millefolii n. sp. Verhandl. d. zool.-bot. Ges. in Wien, 1874.

[2]) Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin. Sitzung vom 16. März 1875. Bot. Ztg. 1875, S. 385.

[3]) Verhandl. d. zool.-bot. Ges. zu Wien, Bd. XXII, S. 347.

[4]) Bot. Jahresber. 1880, II, S. 742.

[5]) Magnus: Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb. cit. Bot. Ztg. 1875, S. 578.

[6]) Bot. Ztg. 1876, S. 586.

[7]) A. Braun: Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde. cit. Bot. Ztg. 1875, S. 387.

[8]) Disease of Carnations. Gard. Chron. 1881, II, S. 721.

Gegenüber dem Roggenälchen ist Tyl. Havensteinii durchschnittlich um $^1/_6$ länger, während die Dicke beider Arten nahezu gleich ist. Tritt die Krankheit in bedeutender Ausdehnung auf, so muß man den Anbau von Luzerne und Klee für mindestens 10 Jahre vermeiden und statt dessen die Esparsette (Onobrychis sativa bifera Alefld. — O. sat. maxima Wern.) zwei- und dreischürig anbauen.[1])

Daß die Erscheinung der „Kleemüdigkeit" in manchen Fällen durch das Auftreten von Aelchen veranlaßt werden kann, ist schon früher hervorgehoben worden. Die ausschließliche Ursache sind sie nicht. Bodenerschöpfung an einzelnen Nährstoffen oder bestimmten Nährstoffverbindungen einerseits, Nährstoffüberschuß, also zu hohe Concentration andrerseits, werden in andern Fällen Veranlassung geben können. Wahrscheinlich werden die verschiedenen Ursachen nicht unter ganz denselben Merkmalen das Absterben der Pflanzen herbeiführen; indeß sind bis jetzt die Erscheinungen des Erkrankens und Ausgehens der Pflanzen noch zu wenig einer vergleichenden Untersuchung unterworfen worden, um jetzt schon ein bestimmtes Urtheil zuzulassen.

Die Rübennematode.

Von stets noch wachsender Bedeutung erscheint die erst in neuester Zeit genauer studirte Gattung Heterodera, Wurzelälchen, von der Carl Müller die umfassendste Arbeit[2]) geliefert, welche auch die eingehendsten Literaturnachweise enthält. Unsere Darstellung stützt sich vorzugsweise auf diese Arbeit, in welcher das Geschlecht Heterodera in folgender Weise charakterisirt wird. Der Körper der noch ganz jugendlichen, geschlechtslosen Thiere ist fadenförmig, beiderseits, besonders aber gegen den Schwanz hin sich verjüngend. Der Schwanz ist spitz, im älteren, unregelmäßig aufgetriebenen Thiere auch stumpf gerundet. Der Körper des in einer Cyste zur Entwicklung gelangenden, geschlechtsreifen Männchens bleibt fadenförmig mit stumpf gerundetem Schwanzende, während der Körper des durch Trächtigkeit aufgetriebenen Weibchens eine flaschenförmige Gestalt annimmt und sich in eine mit Eiern vollgestopfte Blase umwandelt. Der Mund ist endständig und mit einem hornigen, längsdurchbohrten Stachel bewaffnet, der in einen dreilappigen Schlundbulbus endigt.

Von dieser Gattung wurde durch Schacht zuerst eine Art an den Zuckerrüben bekannt, die später von Schmidt[3]) den Namen Heterodera Schachtii A. S. erhielt. Schacht[4]) beobachtete nämlich im Jahre 1859 an im Wachsthum zurückgebliebenen, zwischen üppig vegetirenden Rüben stehenden Exemplaren weiße Pünktchen in Größe eines schwachen Stecknadelkopfes an den dünnen Wurzeln. Die Pünktchen erwiesen sich als die namentlich den feinen Faserwurzeln ansitzenden, trächtigen Weibchen, die allein mit dem bloßen Auge zu erkennen sind und etwa wie weiße Quarzkörner aussehen. Als Larve lebt das

---

[1]) Bot. Jahresber. 1881, S. 744.

[2]) C. Müller: Mittheilungen über die unsern Kulturpflanzen schädlichen, das Geschlecht Heterodera bildenden Würmer. Landwirthsch. Jahrb. XIII, 1883.

[3]) Zeitschrift d. Ver. f. d. Rübenzuckerindustrie 1859, Bd. XI.

[4]) Zeitschrift d. Ver. f. d. Rübenzuckerindustrie 1871, Bd. XXI.

Thier mehr im Innern des Gewebes und bewegt sich später nach der Epidermis hin, [1]) wo es geschlechtsreif wird. Bei dem Anschwellungsprozeß des Weibchens hebt sich theilweis die Wurzeloberhaut ab, wodurch der Körper des Thieres sichtbar wird. Solche trächtige Weibchen wurden von Kühn, welcher der Erforschung der Krankheit besondere Aufmerksamkeit gewidmet, [2]) von Juni bis November, und zwar bis 200 Stück an einer Rübe beobachtet. Am gefährlichsten werden diese Aelchen bei massenhaftem Auftreten natürlich den jungen Pflanzen, deren vollständiges Ausgehen sie verursachen können. Aeltere Rüben zeigen eine Verzögerung der Reife und Geringhaltigkeit des Saftes.

Es ist sicher, daß man in dieser Heterodera eine von den wahrscheinlich vielfachen Ursachen der „Rübenmüdigkeit" vor sich hat. Die bei den Praktikern wohl noch häufiger vertretene Anschauung, daß Nährstoffmangel, namentlich Kali- und Phosphorsäuremangel die Veranlassung für die Unsicherheit und schließlich vollkommene Müdigkeit der Böden für Rüben sein dürften, ist sicherlich auf vereinzelte Fälle zu beschränken. Wir sehen auch thatsächlich vielfach eine Düngung gänzlich erfolglos. Unter Umständen kann eine Düngung sogar Rübenmüdigkeit erzeugen. Liebscher [3]) beobachtete Fälle, in denen sich der Eintritt der Rübenmüdigkeit vom Zeitpunkt einer Compostdüngung ab datiren ließ, durch welche nematodenhaltige Erde oder Schnitzel auf den Acker gebracht worden waren.

Als bestes Mittel wird sich die strenge Vermeidung des Anbaues aller solcher Pflanzen empfehlen, die Nährpflanzen für die Nematoden abgeben. Als nicht angreifbare Pflanzen empfiehlt Liebscher den Klee, Kartoffeln, Erbsen, Cichorien und auch Gerste. Von letzterer Kulturpflanze aber erscheint der Werth zweifelhaft durch eine Beobachtung von Märker [4]). Auf einem sehr rübenmüden Lande war 3 Jahre hintereinander Gerste gebaut worden. Während in den ersten beiden Jahren die Ernten befriedigend waren, entwickelte sich im dritten Jahre die Gerste nur unvollkommen, indem das Korn platt und nicht voll war. Etwa 14 Tage vor der Ernte wurde die Gerste plötzlich nothreif und schneeweiß. Die Untersuchung wies Nematoden in zahlloser Menge nach. Man kann sich diesen Fall kaum in anderer Weise erklären, als daß in dem ersten Jahre die Aelchen noch von den Rübenresten im Boden gelebt und erst allmählich auf die Gerste übergegangen sind.

---

[1]) Biedermann's Centralbl. 1879, S. 404, Anmerk.

[2]) Jul. Kühn: Die Rüben-Nematode. Zeitschr. d. landw. Centralver. d. Prov. Sachsen 1870, Nr. 12. — Versuche zur Bekämpfung der Rüben-Nematoden. ibid. 1871, S. 97 und 1875. — Kühn u. Liebscher: Bericht über Versuche mit rübenmüdem Boden, welche im Jahre 1879 in mehreren Wirthschaften der Prov. Sachsen ausgeführt worden sind. Neue Zeitschr. f. Rübenzuckerindustrie 1880, Nr. 4.

[3]) cit. Bieberm. Centralbl. 1879. S. 406.

[4]) Aus „Magdeburg. Zeit." cit. in Bieberm. Centralbl. 1884. Nr. 8. S. 554.

sich an der jungen, zarten Spindel zu differenziren begannen (Anfang Juni), wurde die Invasion der jungen Aehre beobachtet. Alle Anguillen verließen die Blattscheiden und wanderten auf die etwa 0,5 cm lange Aehre, die sie in solcher Dicke überzogen, daß man die Differenzirung der Spindel gar nicht erkennen konnte. Aber noch waren die Thiere nicht in das Gewebe der Aehre hineingedrungen; dies fand erst statt, als die jungen Blüthen bereits soweit angelegt waren, daß die 3 Staubgefäße als Höcker sich hervorschoben. Um

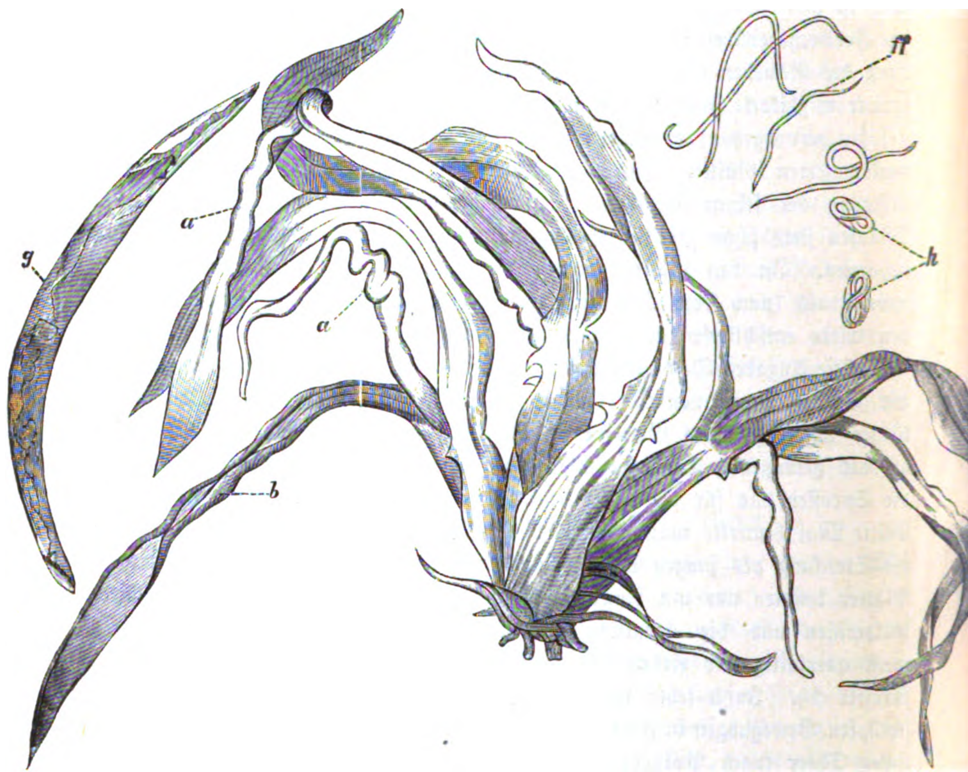


Fig. 56.

diese Zeit fand Prillieux die Aelchen mit dem Kopfe in eine geschwollene Zellenmasse am Grunde der Blume eingebohrt; es ist diese Zellenmasse der erste Anfang zum Gichtkorn; außer dieser Parthie waren nur die Aehrchendeckblätter (glumelles) noch irritirt, weil die junge Blume eben zur Zeit der Invasion noch keine anderen Organe als die Deckblattanlagen und die 3 Staubgefäßhöcker besaß. Letztere hypertrophiren und bilden dicke, breite und auch relativ hohe Cylinder, welche seitlich mit einander zu einer Art kurzer, dicker

Röhre verschmelzen mit nach innen vorspringenden, warzigen Leisten. Diese Leisten entstehen aus dem zwischen den Staubgefäßanlagen befindlichen, hypertrophirenden Blumengrunde. Durch Vergrößerung dieses ärmelartigen, sich später oben schließenden, manchmal gefächerten Gallenkörpers wird der Raum zum gänzlichen Schutz der Thiere endlich geschaffen. Die nach Prillieux gezeichnete Figur 57 zeigt eine zweispitzige Galle, gefüllt mit Anguillen (f) und schon geschlossen durch Ueberwachsen der ursprünglich rinnenartigen einzelnen Theile (e). Die Wand der unregelmäßig kugeligen Galle besteht aus sehr großkernigen, noch in Vermehrung begriffenen Zellen mit plasmatischem, stärkelosem Inhalt. Die Zellmembran ist dünn; nur bei den warzenartig in das Innere vorspringenden, mit den Aelchen direkt in Berührung kommenden Höckern verdickt sich und vergallert die Zellmembran. Diese verschleimte Membranparthie dient jedenfalls den noch im Laufe des Monats Juni geschlechtsreif werdenden, über und durch einander gewickelten Aelchen zur Nahrung. Später, wenn die Galle ihre definitive Größe erreicht hat, bräunen und verdicken sich die Zellwandungen in um so stärkerem Maße, je mehr die Zellen sich der Peripherie nähern, so daß zur Zeit der Ernte das Gewebe sich dem collenchymatischen Charakter stark zuneigt. Während des ganzen Sommers findet die Ausbildung und die Entleerung der Eier statt, so daß zur Zeit, in welcher die normalen Getreidekörner noch nicht gänzlich ausgebildet sind, man in den Gichtkörnern die bereits abgestorbenen, geschlechtlichen Thiere, sowie Eier und Larven in den verschiedensten Entwicklungsstadien gleichzeitig finden kann. Nach einer etwa eintretenden Störung bleiben nur die bereits ausgewachsenen Larven lebensfähig; weder Eier, noch junge Larven vermögen nach einer Störung wieder aufzuleben.

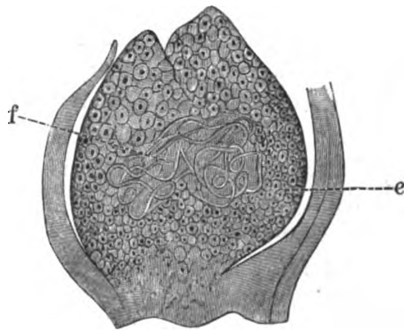


Fig. 57.

Nach diesen Beobachtungen ist das Gichtkorn also ein Gallenprodukt, an dessen Herstellung der Grund der Blüthe vor Anlage eines Fruchtknotens und das Gewebe der eben angelegten Staubgefäße theilnehmen. Prillieux widerlegt somit die Ansichten von Davaine, als auch die von A. Braun und Haberlandt, wonach die Thiere durch den Griffelkanal in den Fruchtknoten gelangen sollen und denselben deformiren.

Die Krankheit ist jedenfalls reichlicher verbreitet, als man im Allgemeinen anzunehmen geneigt ist. Fr. Haberlandt[1]) fand in Oesterreich bei 43 Proben

[1]) Nach Wiener landw. Ztg. 1877, Nr. 40, cit. in Biedermann's Centralbl. 1878, S. 553.

Wasser eintaucht. Die zwischen den Haaren festgehaltene Luft verhindert jede Benetzung; außerdem sind die Thiere, wie früher bereits angegeben, sehr lebenszähe. Erfolg aber läßt sich vielleicht dann erwarten und zwar nicht blos bei Wein, sondern auch bei andern Milbenerkrankungen, wenn das wiederholte Bespritzen zur Zeit der Wanderung der Thiere in die Knospen hinein stattfindet, weil dann die Milben auf den freien Blatt- und Zweigstellen anzutreffen sind und auf diese Weise von der Flüssigkeit erreicht werden können. Möglicherweise wirkt auch reines Wasser schon günstig, da mir scheint, daß die Thiere viel Feuchtigkeit nicht lieben; vortheilhafter wird es jedenfalls sein, noch Mittel dem Wasser beizumischen, welche durch ihre spezifische Wirkung gegen Insekten ein gewisses Vertrauen beanspruchen. Gedacht sei hierbei der Blattlausmittel, namentlich der Abkochung von Quassiaholz mit oder ohne Beimengung kleiner Quantitäten grüner Seife. Eingehender Versuche werth erscheint mir die Anwendung von Wasser, in denen Schwefelkohlenstoff gelöst ist. Löw giebt die Filzkrankheit noch an bei Vitis Vesuviana vom Besuv; Carinthiaca aus Armenien, Arizonica Engelm. und aestivalis Mich. aus Nordamerika.[1])

Zum Schluß mögen einige krautartige Pflanzen, die von Phytoptus heimgesucht werden, hier noch Erwähnung finden. Als Beispiel dafür, daß auch Monocotyledonen leiden, mag die Gattung Bromus gelten, von der bei Br. arvensis L., commutatus Schrad., erectus Huds., mollis L. und tectorum L. beobachtet worden ist, daß in Folge der Milbeneinwirkung die Endblüthe der Aehrchen anschwillt und vergrünt. Aehnliches zeigt Festuca ovina L. Bei den krautartigen Pflanzen ist in der überwiegenden Mehrzahl der Fälle eine Vergrünung zu finden, weil deren Achsen meist mit Blüthenanlagen abschließen. So zeigen Achillea Millefolium L. und moschata Wulfen Verdickung und Vergrünung der Blüthenkörbchen; ebenso Asperula odorata L., cynanchica L. und galioides M. v. B. können durch Phyllomanie kleine Blätterknäuel statt der Blüthen haben. Einzelne Galium-Arten zeigen Aehnliches neben Blattrandrollung. Camelina sativa Crtz. hat Vergrünung der Blüthentheile zu Blättchen unter Verkürzung der Achse und abnormer, weißer Behaarung. Bei vielen Campanula-Arten zeigt sich Vergrünung der Blüthen mit Zweigsucht, abnormer Behaarung u. s. w. Centaurea L. und Crepis L. haben gedunsene Blüthenköpfchen mit Vergrünung der einzelnen Blumen, welche bei Crepis biennis sogar zu langgestielten Blüthenköpfchen auswachsen können. Ebenso können bei Daucus Carota L. die vergrünten Blüthen zu neuen Döldchen anwachsen. — Fragaria collina Ehrh. und vesca L. haben kugelige Blattgallen, die bei letzterer Art 1,5 mm groß, kurz und dicht behaart erscheinen und purpurroth gefärbt sind. Bei Papilionaceen, wie z. B. bei Medicago, Lotus, Onobrychis, Coronilla tritt Blattfaltung in den Vordergrund.

Potentilla, Poterium, Rosa, Rubus und Geum zeichnen sich durch Erineum-Bildungen vorzugsweise aus. — Solanum Dulcamara L. hat Vergrünung der Blüthen und Sol. Lycopersicum eine abnorme Behaarung der Blätter. Sehr bekannt und häufig ist die Mißbildung bei Thymus Serpyllum L., bei welchem die Blumen tragenden Spitzen

---

[1]) Die in der ersten Auflage S. 169 befindliche Notiz berichtigt Herr Dr. Moritz dahin, daß seine frühere Angabe, Phytoptus Vitis käme auch auf den Weinwurzeln vor und erzeuge ähnliche Krankheitserscheinungen wie Phylloxera, sich als irrig herausgestellt hat.

der Triebe zu runden, wollhaarigen, festgeschlossenen Blätterköpfchen zusammengezogen sind. Weißfilzige Triebspitzen zeigt auch noch Origanum vulgare L., dessen Milbe von Bremi als Eriophyes Labiatiflorae B. bezeichnet worden ist. Blüthendeformation findet sich auch bei Calamintha Acinos Clairv. Die den Thymus-Köpfchen ähnliche Bildung weißfilziger Triebspitzen von Veronica Chamaedrys wird durch eine Gallmücke (Cecidomyia Veronicae Bremi) hervorgebracht. Von Phytoptus wird auf dieser Pflanze eine Erineum-Bildung der Blätter, die sich manchmal auch ausstülpen und rollen, verursacht. Veronica officinalis L. und saxatilis Jaqu. zeigen dagegen wiederum Vergrünung der Blüthen. Viola hat Blattrandrollung nach einwärts.

Die Webermilbe oder rothe Spinne, Tetranychus telarius L. und der Kupferbrand des Hopfens.

Anhangsweise sei hier einer Milbe gedacht, die zwar nicht als Gallenerzeuger, wohl aber als ein bedeutender Schädling unserer Kulturpflanzen bekannt ist. Ihre schnelle Vermehrung macht die Beschädigung, welche in einem Ansaugen der Blätter und nachfolgendem Verfärben und Dürrwerden besteht, sehr fühlbar. Da das Thier in der Wahl seiner Nährpflanzen gar nicht diffizil, so ist die Ausbreitung dieser Milbenplage über große Flächen eine sehr gewöhnliche Erscheinung. Eine der von der rothen Spinne am meisten geschädigten Kulturen sind die Hopfenanpflanzungen, bei denen die Krankheit als Kupferbrand bekannt ist. Der Kupferbrand zeigt sich in der Regel bei intensiv heißem Wetter zunächst darin, daß in den Winkeln der Blattnerven einzelne Zellgruppen eine für das bloße Auge gelbröthliche Färbung annehmen. Die Flecke vermehren sich, fließen zusammen, dehnen sich in kurzer Zeit über das ganze Blatt aus, verfärben sich bis in das trockenhäutig Braune und leiten damit das Schlaffwerden und schließlich die Dürre des Blattes ein. Schon bei dem ersten Auftreten der Flecke gelingt es am Tage, in der Regel zunächst an einer Seite der Nerven orange bis rothgefärbte Milben auf der Blattunterseite zu finden. Das bloße Auge gewahrt bei der schnellen Vermehrung alsbald zarte, seidenglänzende Fäden, die zu einem feinen Gespinnste verwebt sind.[1]) Wenn sich die Milben in größerer Menge auf die Fruchtstände ziehen, bleiben dieselben im Wachsthum zurück und verkümmern. Von solchen stark befallenen Fruchtständen, welche wie die Blätter, allmählich sich mit mattgelben Eiern und braunen Kothklümpchen bedecken, hängen bisweilen die Thiere in schnurförmigen Gespinnsten herab. Der schnell eintretende Tod (nach Voß sollen befallene Hopfenblätter schon nach 2 Tagen zu Grunde gehen) der vom Kupferbrand befallenen Pflanzentheile läßt die Krankheit ähnlich wirken, wie vorzeitige Entlaubung. Der Blattapparat geht vor seiner normalen Reife zu Grunde und die wichtigen Stoffe, welche sonst in den Stengel zurückwandern, gehen verloren. Dies bezieht sich namentlich auf die Alkalien, wie aus den Analysen

[1]) Voß: Beiträge zur Kenntniß des Kupferbrandes 2c. Verhandl. d. zool-bot. Gesellschaft z. Wien 1875.

von Fleischmann[1]) hervorgeht. Demnach ergaben die durch Milben zerstörten Blätter nur 17,3 % Asche der lufttrocknen Substanz, während die gesunden 22,3 % Asche enthielten. In der Asche der durch Milben zerstörten Blätter fanden sich 5,322 % Phosphorsäure und 9,631 % Kali, während in den gesunden Blättern nur 4,203 % Phosphorsäure und 5,713 % Kali, dagegen aber mehr Kalk enthalten waren.

Die den Spinnen ähnliche, ziegelrothe, achtbeinige Milbe des Hopfens wurde von Fleischmann als besondere Art, Tetranychus humuli, aufgefaßt, von Voß aber als identisch mit der allenthalben verbreiteten „rothen Spinne" T. telarius L. nachgewiesen; sie ist als Hopfenfeind schon seit dem vorigen Jahrhundert bekannt[2]) und geht auch unter dem Namen Trombidium telarium, tiliarum et socium Herm., Gamasus telarius Latr. und Tetranychus lintearicus Dufour. Das Thierchen mißt 0,25—0,50 mm in der Länge und etwa 0,12 bis 0,30 mm in der Breite; nach Voß, der auch eine genauere Beschreibung liefert, bohrt dasselbe mit dem Rüssel das Blatt an, wobei es den Körper fast vertikal in die Höhe hebt und in dieser Stellung einige Minuten lang saugt. Aus den gegen Ende August gelegten Eiern kommen die Jungen als sechsbeinige Larven hervor, welche nach mehreren Häutungen das letzte Beinpaar erhalten.

In diesem vollkommenen Zustande überwintern die Thiere auch; sie suchen in den kühlen Herbsttagen Schutz gegen die Kälte in den Rissen der Rindenschuppen und Stangen, unter Holzstücken, Rinnen u. s. w.

Bei der Frage nach der Bekämpfung frägt man wohl zuerst nach den natürlichen Feinden; als solche werden Spinnen und Insekten, namentlich aber die Larven der Florfliegen (Hemerobidia) angegeben. Im Allgemeinen sind die Florfliegen den Blattläusen besonders gefährlich, indem ihre Larven die Läuse aussaugen; für den Hopfen giebt Gerstäcker[3]) eine spezielle Art der Florfliegen (Hemerobius humuli Fab.) an. Aber selbst vorausgesetzt, daß diese Larven wirklich bedeutende Mengen von Milben zu tödten im Stande sind und daß sie in dem sicherlich sehr häufig eintretenden Falle des gemeinsamen Vorkommens großer Mengen von Blattläusen und Milben den Letzteren wirklich den Vorzug geben, bleibt die Hoffnung auf eine bedeutende Verminderung der Krankheit durch besondere Vermehrung der Feinde doch immerhin eine schwache. Abgesehen von der schnellen Vermehrung der Milben, deren Eier nach wenigen Tagen schon ausschlüpfen, so daß schwerlich die Vermehrung der Feinde gleichen Schritt zu halten vermag, ist die stets mögliche Einwanderung neuer Milben

---

[1]) Landwirthsch. Versuchsstationen, Bd. IX und Jahresb. f. Agrikulturchemie, Bd. X (1867), S. 148.

[2]) Etler: Praktischer Unterricht zur Anlage und Kultur des edleren Hopfens. Leipzig 1799, S. 50.

[3]) Gerstäcker im Handb. d. Zool. Leipzig 1863, S. 73.

von andern Pflanzen in's Auge zu fassen. Von diesen andern Nährpflanzen dürfte am meisten die Linde bekannt sein, deren Blätter in der heißen Zeit nicht selten ganz rothgelb aussehen; außerdem leidet nach Haberlandt der dem Hopfen verwandte Hanf, sowie die sämmtlichen Schmetterlingsblüthler, der Krapp und die Weberkarde, Mohn, Lein, alle Gräser und nach Dugès auch Rose, Eiche, Hainbuche, Winde u. dgl.

Da man somit auf die natürlichen Feinde nicht rechnen kann, hat man die verschiedenartigsten, künstlichen Vertilgungsmittel versucht. Am erfolgreichsten erscheint mir das Bespritzen mit kaltem Wasser. Ein amerikanischer Züchter hat bei Anwendung von Eiswasser einen durchgreifenden Erfolg erzielt. Es ist dieses Mittel auch bei den vielen Blattpflanzen unserer Glashäuser in Anwendung zu bringen, da die bei Blattläusen häufig wirksamen Waschungen mit Abkochungen von Quassiaholz, Tabaksblättern, sowie mit verdünntem Weingeist sich bei den Milben [1]) ebenso wenig sicher erwiesen haben, wie die Räucherungen mit Tabaksblättern. Neuerdings wird das Eintauchen der Krone der Topfpflanzen in Wasser von 40—45 ⁰ C. sehr empfohlen.

Als Vorbeugungsmittel ist das Schälen der Hopfenstangen, unter deren Rindenschuppen die Milben überwintern, nicht außer Acht zu lassen. Auch hat man sich dadurch vor dem Kupferbrande zu schützen gesucht, daß im Frühjahr die Entwicklung der Hopfenpflanze zurückgehalten wurde; die ersten Schößlinge wurden durch scharfen Schnitt am Aufranken verhindert und erst die später ausbrechenden an die Stangen geleitet. Einzelne Angaben in der Literatur sprechen für einen günstigen Einfluß von Zwischenfrüchten (Kartoffeln) bei der Hopfenkultur.

Sehr beachtenswerth und eingehender Prüfung würdig ist die Behauptung vieler Praktiker, welche das verheerende Auftreten von Milben und Blattläusen von einer Disposition der Pflanze herleiten. Bekannt ist, daß manche Pflanzen (Tabak, Liebesapfel, Kartoffel) vom Kupferbrande wenig leiden; bekannt ist ferner, daß bei großer Beleuchtung und Hitze, verbunden mit Lufttrockenheit die stark verdunstenden Pflanzen vom Honigthau befallen werden, also krankhafte Ausscheidungen zeigen, welche ein besonders günstiges Moment für die Vermehrung der Blattläuse bilden. Es ist somit gar nicht unwahrscheinlich, daß die Witterung, unter welcher wir den Kupferbrand rapid sich verbreiten sehen, nämlich ebenfalls heiße, trockne Tage, die Nährpflanzen in einen Zustand versetzt, der der Ernährung der Milben günstiger ist oder die Pflanzen weniger widerstandsfähig macht; dasselbe Wetter ist dabei auch der Vermehrung der Thiere sehr zusagend. Wenn man solche Coïncidenz der Schwächung der Nährpflanze mit der Stärkung der Vermehrungsfähigkeit des Parasiten als Dis-

---

[1]) Haberlandt: Wissensch.-praktische Untersuchungen auf dem Gebiete des Pflanzenbaues, I, S. 248.

position zur Erkrankung ansprechen will, so läßt sich wohl die Behauptung der Praxis als wahrscheinlich annehmen.

In der englischen Literatur finden sich Angaben über einen Tetranychus Taxi.[1]) Eine andere Milbe wird angegeben als Hyacinthenfeind: Tyroglyphus echinopus, der das Herz der Zwiebeln zerstören soll.[2]) Schließlich sei noch eines Gallenerzeugers (Dendroptus Krameri Kühn) in den Blüthen der Agrostis-Arten[3]) gedacht.

h) Vermes.

Um bei der Aufzählung der Gallenerzeuger einen einigermaßen vollständigen Ueberblick zu gewinnen, müssen wir auch der parasitischen Würmer gedenken. Dieselben gehören in die Klasse der Rundwürmer (Nematelminthes) und zwar in die Unterabtheilung der mit Mund, Darm und After versehenen Nematodes Rud. zur Familie der Anguillulidae Eb. Bei ihnen erweitert sich der cylindrische, häufig Chitinstäbchen tragende Oesophagus oft in einen zwiebelförmigen Muskelmagen, dem zuweilen noch eine häutige Magenabtheilung folgt. Augen sind selten vorhanden. Die alte Gattung Anguillula, welche die mikroskopisch kleinen Gallenerzeuger liefert, ist durch Schneider[4]) getheilt worden, so daß die Pflanzenparasiten jetzt von den Humusanguillen getrennt werden. Wir folgen der Schneider'schen Umgrenzung, wie dieselbe von Kühn[5]) wiedergegeben wird.

Schneider unterscheidet unter den Nematoden 3 Gruppen nach dem Baue des Muskelsystems: 1. Die Holomyarii, bei denen die Leibesmuskulatur entweder vollkommen ungetheilt oder nur durch Längslinien getheilt ist; 2. die Meromyarii, bei denen die Muskeln 8 Streifen bilden, welche durch schiefe, von der Rücken- und Bauchlinie aufwärts verlaufende Streifen in einzelne Abtheilungen (Muskelzellen) getheilt sind; 3. die Polymyarii, deren Muskeln aus vielen (mehr als 8) neben- und hintereinander liegenden Zellen bestehen. Die Parasiten in der Gattung Anguillula im engern Sinne zusammengefaßt, gehören in die erste Gruppe, die Humusanguillen in die zweite, welche die Gattungen Pelodera und Leptodera enthält. Ueber die Lebensweise dieser Gattungen sagt Schneider, daß sie ihre Nahrung in stickstoffhaltigen, faulenden Substanzen finden. Ueberall in Erde und Wasser finden sich ihre geschlechts-

---

1) Gard. Chronicle 1875, S. 659 u. 726.

2) Kramer: Ein Feind der Hyacinthenzwiebeln. Bot. Centralbl. 1881, Bd. VI, S. 377.

3) Kühn: Eine neue Milbengalle auf dem Straußgrase. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XIII, S. 212.

4) Schneider: Monographie der Nematoden. Berlin 1866.

5) Kühn: Die Anguillulen. Fühling's neue landw. Zeit. 1873, S. 1.

losen Larven, die an Fäulnißheerden geschlechtsreif werden; die Jungen, welche sie gebären, werden ebenfalls darin geschlechtsreif. [1])

Nach einiger Zeit beginnt ein, meist in großen Schaaren eintretendes Wandern der geschlechtsreifen und der von denselben geborenen Thiere sich zu zeigen. Trocknen die Thiere einmal auf der Wanderung ein, dann sterben die Alten zwar ab, die Jungen aber setzen ihre Bewegungen in Wasser oder feuchter Erde fort, indem sie in einen Cystenzustand übergehen, in welchem die Bewegungen zwar nicht gehemmt sind, der Mund aber vollständig verschlossen ist. Auf diese Weise können sie, ohne Nahrung zu sich zu nehmen, mehrere Wochen leben; allein wenn sie bis dahin keinen neuen Fäulnißheerd gefunden haben, sterben auch die Jungen ab, indem ihr Körper in fettglänzende Tropfen zerfällt.

Einige Spezies suchen während dieser Wanderung auch andere Thiere auf: Leptodera appendiculata dringt in das Innere der schwarzen Nachtschnecke (Limax ater), während Pelodera papillosa auf der Leibeshaut dieser Schnecke sich aufhält. Pelodera pellio lebt in der Leibeshöhle des Regenwurms (Lumbricus agricola) u. s. w. Erst bei dem Verlassen oder dem Absterben ihrer Wirthe werden diese Einwanderer geschlechtsreif; doch ist bei keinem derselben der parasitische Zustand für die Entwicklung nothwendig. Die Wege, auf welchen die Cysten dieser Würmer verbreitet werden, sind gewiß, wie bei den Infusorien sehr zahlreich. Die bekannten Kleister- und Essigälchen, die früher als zwei verschiedene Arten (Anguillula aceti und A. glutinus) angesprochen wurden, gehören ebenfalls hierher und bilden eine einzige Art: Leptodera oxophila Müller.

Ebenso finden sich nun Arten dieser beiden letzteren Gattungen an allen kranken oder bereits gestorbenen Pflanzentheilen, wie z. B. den durch Bacteriosis faulenden Kartoffeln, den durch Insektenfraß beschädigten Getreidepflanzen und faulenden Rüben, den durch Peziza ciborioides zerstörten Kleestöcken u. s. w. Da aber auch parasitische Anguillen gleichzeitig mit den Pelodera- und Leptodera-Arten vorkommen, so sind folgende Merkmale zur Unterscheidung der eigentlichen Parasiten festzuhalten. Bei den ersteren beiden Arten ist der Mund

---

[1]) Verh. d. k. k. zoolog.-bot. Ges., Jahrg. 1874. Löw weist darauf hin, daß die Anguillulidae, wie schon Linné wußte (syst. nat. ad. XII, p. 1326), theils ovipar, theils vivipar sind. Diese verschiedene Fortpflanzungsweise kommt selbst bei einer und derselben Art vor. Schon Göze (Mikroskl. Erfahrungen über die Essigaale, Naturforscher 1 Stück 1774) berichtet, daß die Essigälchen nach Art der Aphiden vom Juli bis Herbst lebendige Junge gebären und im Herbst Eier legen, welche überwintern. Ja sogar ein und dasselbe Individuum kann ovi- und vivipar sein, wie Claus (Zeitschr. f. wiss. Zool. XII, Bd. 1863, p. 354) angiebt. Schon Grube („Ueber einige Anguillulen und die Entwicklung von Gordius aquaticus." Archiv f. Naturg., 15. Jahrg., I, 1849) machte darauf aufmerksam, daß alle in Pflanzen lebenden Aelchen ovipar sind. Bei den viviparen z. B. Ang. aceti, glutinis, fluviatilis werden die Jungen noch in dem Eihäutchen eingeschlossen geboren.

in seiner Bildung deutlich erkennbar, in der Regel mit 2, 3 oder 6 Lippen in Form kleiner Hervorragungen umstellt und in ein cylindrisches Rohr (Vestibulum) führend, dem sich der eigentliche Schlund anschließt. Bei einigen Spezies fehlen die Lippen und bei noch andern auch das Vestibulum; die Mundöffnung führt in solchem Falle in eine kürzere Mundkapsel und hierauf unmittelbar in den Schlund. Bei den ächten Parasiten, den Anguillen- oder Tylenchus-Arten dagegen ist der Mund klein und ohne Hervorragungen; Mundkapsel oder Vestibulum fehlen, dagegen liegt in der Mundhöhle ein kleiner (nach Kühn bei A. devastatrix z. B. 0,015 mm langer) Stachel, dessen hinteres Ende verdickt ist. Dieses auch schon bei den Embryonen und Larven vorhandene Gebilde bleibt bei allen Bewegungen der Würmchen steif und fällt als ein sehr scharf begrenztes, bläulich schimmerndes, kleines Stäbchen mit knopfartiger Verdickung am hintern Ende stets deutlich in die Augen.

Diese Unterschiede führten zur Aufstellung einer neuen Gattung: Tylenchus Bastian (Vibrio Müller; Anguillula Hempr. et Ehrenberg; Rhabditis Duj.). Die Gattung, die also durch das Vorhandensein eines Mundstachels leicht erkennbar, umfaßt alle gallenerzeugenden Nematoden, bei denen das Weibchen in der Schwangerschaft nicht unförmlich blasenartig aufschwillt und durch seine Körperdecke eine cystenartige, schützende Umhüllung der Eier bildet. Ist dies Letztere der Fall, so gehören die Thiere in die von Schmidt[1]) aufgestellte Gattung Heterodera. Beide Gattungen verbleiben wegen ihrer Muskulatur bei den Schneider'schen Holomyariern.

Von den durch Tylenchus-Arten erzeugten Krankheiten ist unbedingt

die Radenkrankheit oder das Gichtkorn des Weizens

die landwirthschaftlich wichtigste. Der Name „Radenkrankheit", der im Allgemeinen verbreiteter als die Bezeichnungen „Gichtkrankheit" und „Kaulbrand" ist, kommt von der Gestalt der Gallen, welche an Stelle der Körner entstehen; diese Gestalt gleicht ungefähr dem Samen der Kornrade (Agrostemma Githago) und nach diesem Merkmal nennen auch die Franzosen solche Gallen grains niellés[2]) nach Nielle, Kornrade. Wenn man derartige Radekörner des Weizens öffnet, findet man in ihnen eine weiße, wollige, leicht entfernbare Masse, welche aus Hunderten kleiner Aelchen (Tylenchus tritici Bast., Anguillula tritici) besteht, die im Wasser nach einigen Stunden anfangen, eine schlängelnde, lebhafte Bewegung anzunehmen. Schon Bauer[3]) machte die

---

[1]) A. Schmidt: Ueber die Rübennematoden (Heterodera Schachtii A. S). Zeitschr. d. Ver. f. d. Rübenzuckerindustrie im Zollverein. Bd. XXI, 1871, S. 1.

[2]) Prillieux: Etude sur la formation des grains niellés du blé. Annales de l'institut national agronomique No. 5. — IV. année 1879/80. Paris 1882, S. 159. Wir folgen im Obigen vorzugsweise dieser Darstellung.

[3]) Transactions of the Linnean Society London, Vol. I.

Beobachtung, daß diese Thiere mehrere Jahre in dem Zustande des Scheintodes verbringen und in günstigen Verhältnissen wieder aufleben können. Davaine[1]) bestätigte diese Erfahrung. Die im Radenkorn befindlichen Aelchen stellen geschlechtslose Larvenzustände dar, die, wenn sie in den Körnern im Herbst oder Frühjahr ausgesäet werden, aus der Galle heraustreten und sich zwischen die Blattscheiden des keimenden Getreides einnisten, nach Anlage der Aehre in die jungen Blüthen hineinkriechen und meist dort in die Fruchtknoten eindringen, die dann zum „Gichtkorn" deformirt werden. Das kranke Weizenkorn ist nach oben zu etwas verschmälert, rundlich-dreikantig, gebräunt, an der der Furche gegenüberliegenden Seite am stärksten ausgebaucht und durch Wucherung des Gewebes sehr dickschalig. Nach Davaine sind die Gichtkörner nicht immer mißbildete Fruchtknoten, sondern können wahrscheinlich auch aus Staubgefäßen hervorgehen; es fanden sich nämlich in den erkrankten Blüthen noch die verkümmerten Pistille. Für diese Ansicht spricht auch Bastian's[2]) Wahrnehmung bei seinen Impfversuchen, wonach die Radenkörner an den kranken Pflanzen stets schon gebildet waren, wenn die gesunden Halme erst zu blühen begaunen. In den Gallen werden die Larven geschlechtsreif und Männchen sowohl als (nach dem Eierlegen) auch die Weibchen sterben sodann ab; aus den Eiern entschlüpfen alsbald die Jungen.

Die Angaben Davaine's über die Einwanderung der Thiere wurden durch die Beobachtungen von Prillieux berichtigt. Dieser Forscher säete Radenkörner unter gesundes Getreide im Dezember 1880 und sah seine Infection alsbald gelungen. Denn im folgenden Jahre zur Zeit des Schossens zeigten die Sprossen das für die Krankheit charakteristische Ansehen. (Fig. 56.) Gegen Mitte Mai bemerkte man nämlich die auffallende Kürze und Dicke der Triebe; die Streckung des jungen Stengels und der Blätter schien erschwert; die inneren Blätter konnten nur mit Anstrengung aus der Umhüllung der älteren Blätter loskommen und die eigentliche Blattfläche zeigte in Folge dessen sich oft meist querfaltig und zerknittert (a) oder auch gedreht und die Ränder stark gekräuselt (b). In h sehen wir die Eier, in denen die Aelchen vor ihrem Ausschlüpfen Bewegungen in Form der 8 machen; g ist ein ausgewachsenes männliches Thier (nach Prillieux). Bei dem Oeffnen der Scheiden der jungen Blätter zeigten sich Unmassen von Aelchen (ff); indeß war die junge, etwa 1 Mm. große Aehrenanlage noch nicht durch eingewanderte Thiere angegriffen, sondern nur sammt den ganz jungen, ineinander geschachtelten Blättern überdeckt durch Tausende sich bewegender Thiere. Ebenso verhielten sich die jungen Sprossen in den Achseln der älteren Blätter. Erst zur Zeit, als die Aehrchen

---

[1]) Compt. rend. 1855, XLI, S. 435.

[2]) Bastian: Monograph on the Anguillulidae, Transactions of the Linn. Soc. of London, Vol. XXV, 1866, p. 73 ff.

sich an der jungen, zarten Spindel zu differenziren begannen (Anfang Juni), wurde die Invasion der jungen Aehre beobachtet. Alle Anguillen verließen die Blattscheiden und wanderten auf die etwa 0,5 cm lange Aehre, die sie in solcher Dicke überzogen, daß man die Differenzirung der Spindel gar nicht erkennen konnte. Aber noch waren die Thiere nicht in das Gewebe der Aehre hineingedrungen; dies fand erst statt, als die jungen Blüthen bereits soweit angelegt waren, daß die 3 Staubgefäße als Höcker sich hervorschoben. Um

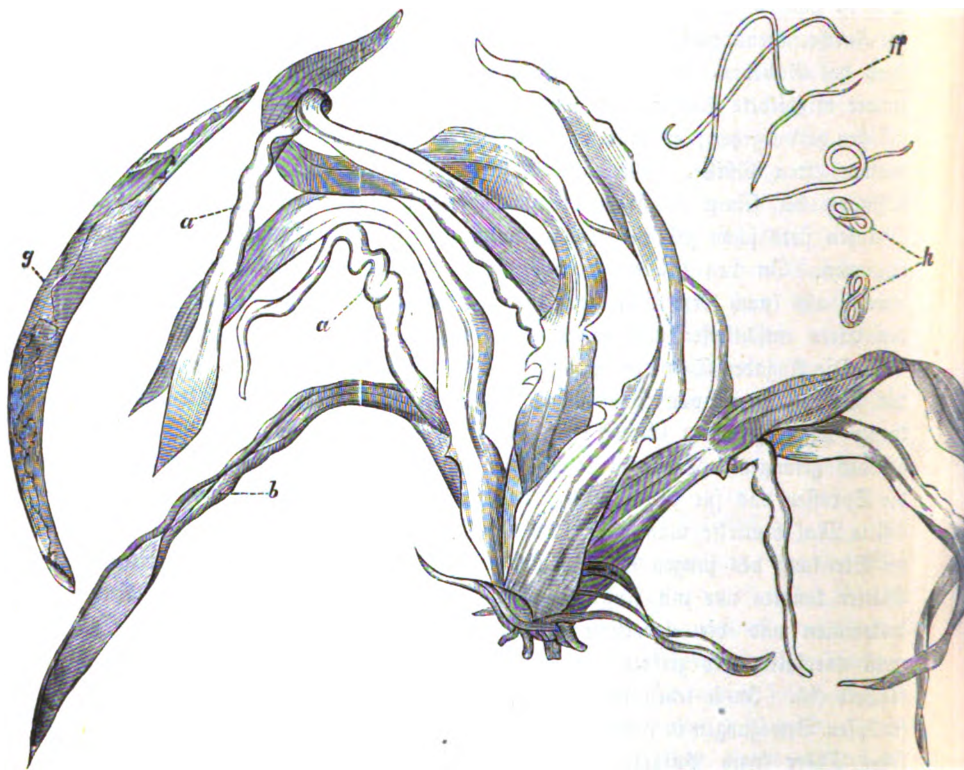


Fig. 56.

diese Zeit fand Prillieux die Aelchen mit dem Kopfe in eine geschwollene Zellenmasse am Grunde der Blume eingebohrt; es ist diese Zellenmasse der erste Anfang zum Gichtkorn; außer dieser Parthie waren nur die Aehrchendeckblätter (glumelles) noch irritirt, weil die junge Blume eben zur Zeit der Invasion noch keine anderen Organe als die Deckblattanlagen und die 3 Staubgefäßhöcker besaß. Letztere hypertrophiren und bilden dicke, breite und auch relativ hohe Cylinder, welche seitlich mit einander zu einer Art kurzer, dicker

Röhre verschmelzen mit nach innen vorspringenden, warzigen Leisten. Diese Leisten entstehen aus dem zwischen den Staubgefäßanlagen befindlichen, hypertrophirenden Blumengrunde. Durch Vergrößerung dieses ärmelartigen, sich später oben schließenden, manchmal gefächerten Gallenkörpers wird der Raum zum gänzlichen Schutz der Thiere endlich geschaffen. Die nach Prillieux gezeichnete Figur 57 zeigt eine zweispitzige Galle, gefüllt mit Anguillen (f) und schon geschlossen durch Ueberwachsen der ursprünglich rinnenartigen einzelnen Theile (e). Die Wand der unregelmäßig kugeligen Galle besteht aus sehr großkernigen, noch in Vermehrung begriffenen Zellen mit plasmatischem, stärkelosem Inhalt. Die Zellmembran ist dünn; nur bei den warzenartig in das Innere vorspringenden, mit den Aelchen direkt in Berührung kommenden Höckern verdickt sich und vergallert die Zellmembran. Diese verschleimte Membranparthie dient jedenfalls den noch im Laufe des Monats Juni geschlechtsreif werdenden, über und durch einander gewickelten Aelchen zur Nahrung. Später, wenn die Galle ihre definitive Größe erreicht hat, bräunen und verdicken sich die Zellwandungen in um so stärkerem Maße, je mehr die Zellen sich der Peripherie nähern, so daß zur Zeit der Ernte das Gewebe sich dem collenchymatischen Charakter stark zuneigt. Während des ganzen Sommers findet die Ausbildung und die Entleerung der Eier statt, so daß zur Zeit, in welcher die normalen Getreidekörner noch nicht gänzlich ausgebildet sind, man in den Gichtkörnern die bereits abgestorbenen, geschlechtlichen Thiere, sowie Eier und Larven in den verschiedensten Entwicklungsstadien gleichzeitig finden kann. Nach einer etwa eintretenden Störung bleiben nur die bereits ausgewachsenen Larven lebensfähig; weder Eier, noch junge Larven vermögen nach einer Störung wieder aufzuleben.

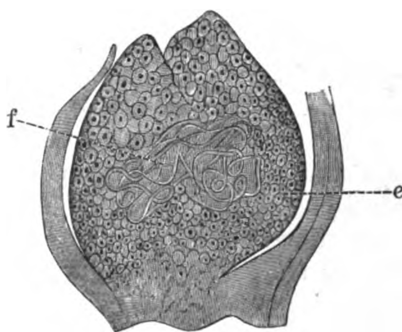


Fig. 57.

Nach diesen Beobachtungen ist das Gichtkorn also ein Gallenprodukt, an dessen Herstellung der Grund der Blüthe vor Anlage eines Fruchtknotens und das Gewebe der eben angelegten Staubgefäße theilnehmen. Prillieux widerlegt somit die Ansichten von Davaine, als auch die von A. Braun und Haberlandt, wonach die Thiere durch den Griffelkanal in den Fruchtknoten gelangen sollen und denselben deformiren.

Die Krankheit ist jedenfalls reichlicher verbreitet, als man im Allgemeinen anzunehmen geneigt ist. Fr. Haberlandt[1]) fand in Oesterreich bei 43 Proben

[1]) Nach Wiener landw. Ztg. 1877, Nr. 40, cit. in Biedermann's Centralbl. 1878, S. 553.

aus verschiedenen Provinzen die große Anzahl von 20 Proben mit Gichtkörnern. Ueber die leichte Verbreitungsfähigkeit der Krankheit giebt uns derselbe Autor Aufschluß. Durch 20 zur Infection ausgestreuete Körner wurden 1497 Gallen erzeugt, und zwar fanden sich von der Infectionslinie aus bis auf 20 cm Entfernung hin noch Gallen vor. Als bestes Mittel dürfte das Absieben der Gichtkörner gelten, indem selbst die größten Gallen einen merklich geringeren Durchmesser besitzen, als ein mittleres Weizenkorn. Davaine[1]) hat ein Einquellen des Saatgutes in ein mit Schwefelsäure angesäuertes Wasser (1 : 200 Vol. Wasser) empfohlen. Die (nach Prillieux) von Deschèsnes angestellten vergleichenden Versuche mit dem mehrstündigen Einquellen in angesäuertes Wasser und der gewöhnlichen Kupfervitriolbeize haben allein bei ersterer Flüssigkeit ein günstiges Resultat gegeben, während selbst eine concentrirtere Kupfervitriollösung eine schwere Schädigung durch Gichtkörner wieder auftreten ließ.

Die Stockkrankheit des Roggens.

Die Aelchen, welche den Namen Tylenchus devastatrix (Anguillula devastatrix K., A. dipsaci Kühn, Anguillula secalis Nietsche)[2]) führen, erzeugen bei dem Roggen keine Gallen. Nach König[3]) machen sich die ersten Anzeichen der Krankheit darin kenntlich, daß einzelne Blätter der sonst normal aussehenden, jungen Pflanzen schon einige Wochen nach der Aussaat eine eigenthümliche, wollige Beschaffenheit ihrer Oberfläche zeigen. Größere Fortschritte macht bei dem Wintergetreide die Krankheit aber erst im Frühjahr, indem viele der neu entwickelten Blätter auffallend schmal bleiben, die schwächlichen Pflanzen auch wohl immer kümmerlicher werden und ganz absterben. Die kräftigeren, am Leben bleibenden Exemplare zeigen am Grunde eine zwiebelartige Verdickung durch Anschwellung der Blattscheiden und die Anlage seitlicher, meist steckenbleibender Triebe. Derartig erkrankte Exemplare haben gewöhnlich im April schon eine gänzlich abgestorbene Wurzel und faulige Stengelbasis. Die an den Rändern der befallenen Ackerstellen stehenden Pflanzen sind minder erkrankt und bringen es bis zur Streckung der Halme; aber die Streckung ist oft unvollkommen und bisweilen bleiben die Aehren in den Blattscheiden sitzen, während einzelne Halme sich ganz normal entwickeln. Die Aelchen sind dann im Parenchym der Internodien und der Blattscheidenbasis; zwischen den Gefäßbündeln liegen geschlechtsreife Thiere, Eier und Larvenzustände.

Nach den von Kühn ausgeführten Untersuchungen ist das Roggenälchen

---

[1]) Recherches expérimentales sur la vitalité des anguillules. Compt. rend. XLIII, S. 148.

[2]) Verhandl. d. zool.-bot. Gesellsch. in Wien. Bd. XVIII, S. 901.

[3]) Beobachtungen über die Wurmkrankheit des Roggens, cit. in Biedermann's Centralbl. f. Agriculturchemie 1878, Augustheft, S. 610.

mit dem der Weberkarde (Tylenchus dipsaci Kühn) identisch.[1]) Bei den Karden gelangen die Thierchen in die Blüthenköpfe und erzeugen hier die Kernfäule der Karde, die wohl auch unter den Namen „Knoten“ oder „Kropf“ bekannt ist. Der Markkörper des Blüthenbodens wird braun. Die Samen werden bei der gestörten Ernährung um die Hälfte kleiner und abgerundeter; ihr Federkelch ist doppelt so groß als gewöhnlich, aber nicht gestielt. Daß wir es hier mit denselben Thieren, wie bei dem Roggen zu thun haben, geht daraus hervor, daß Kühn Stücke von kranken Kardenköpfen mit dem Roggen zusammen aussäete und dadurch stockkranken Roggen erzielte. Wahrscheinlich haben diese Aelchen noch eine größere Menge Nährpflanzen. So fand Kühn die Thiere im Innern des Stengels von Buchweizen bis zu den verkümmerten Blüthenrispen hinauf vorgedrungen; auch bei Hafer und Klee und, wie es scheint, bei der Kornblume und Kornrade (nach Karmrodt und Rhode) sind die Thiere aufgefunden worden.

Bei der Ausdehnung, welche derartige Wurmkrankheiten leicht nehmen können und nachweislich zeitweise auch schon genommen haben, ist es nöthig, an Vorbeugungs- und Heilmittel zu denken. Vor allen Dingen wird der Landwirth sich hüten müssen, älchenhaltiges Stroh als Einstreu oder zu Futterzwecken zu benutzen; denn er bringt dann mit dem Dünger die Thiere wieder auf den Acker. Wenn sich die Beobachtung von König bestätigt, daß die Ausbreitung der Krankheit genau nach den Wegen erfolgt, welche die zusammen- und abfließenden Regenwässer vom infizirten Acker aus eingeschlagen haben, dann wird man sich allerdings zu einem Radikalmittel entschließen müssen, nämlich die Ernte auf den kranken Feldern gleich an Ort und Stelle zu verbrennen. Der Besitzer müßte dann, wie in ähnlichen Fällen bei Seuchen, aus öffentlichen Mitteln entschädigt werden. Falls sich nur einzelne Stellen in einem Acker infizirt zeigen, umgrenze man dieselben durch einen tiefen Graben und verbrenne die eingeschlossenen Pflanzen sofort auf dem Felde. Im Boden wird der Feind nur durch das von Kühn vorgeschlagene Mittel, nämlich das Rigolen auf $^1/_2$ m Tiefe, zu vertilgen sein; die Thiere kommen dabei so tief in die Erde, daß sie zu Grunde gehen müssen. Endlich vermeide man auf derartigen Aeckern den Anbau solcher Pflanzen, die, wie im Vorhergehenden angeführt, auch Träger desselben Parasiten sind. Da im geregelten Wirthschaftssystem sich für mehrere Jahre hindurch aber wahrscheinlich eine solche Ausnahmestellung größerer Ackerflächen nicht gut wird durchführen lassen, so lasse man wenigstens dort, wo der Stock aufgetreten, Hackfrüchte folgen.

---

[1]) Zeitschrift d. landw. Central-Ver. d. Prov. Sachsen, 1867, S. 99. — Zeitschr. für wissensch. Zoologie, Bd. IX, 1858. — Die Wurmkrankheit des Roggens. Halle 1869.

Die Wurmkrankheit der Hyacinthen.

Vor wenigen Jahren ist von Prillieux[1]) eine Krankheit bei den weißen römischen Hyacinthen entdeckt worden, welche vorläufig nur für Frankreich eine größere Bedeutung besitzt, da im mittäglichen Frankreich die Anzucht dieser Hyacinthen in beträchtlicher Ausdehnung betrieben wird, aber auch in Deutschland Aufmerksamkeit beansprucht, da sie, wenngleich jetzt nur sporadisch, immerhin vorhanden ist. Schon bei dem ersten Erscheinen der Krankheit hat man nach Vilmorin's Angaben einen Ernteausfall an Zwiebeln um ein Fünftel bis ein Viertel constatiren können; bei längerer Dauer gehen ganze Kulturen zu Grunde. Es wurde versucht, die Kulturen in Algier wieder aufzunehmen, aber auch dort zeigte sich die Krankheit.

Die ersten Anzeichen machen sich durch das Auftreten gelber, über die ganze Oberfläche vertheilter Flecken an den noch grünen Blättern kenntlich. Die Blattoberhaut ist überall unversehrt; die gelben, länglichen, nicht scharf contourirten Flecke fangen später an, in der Mitte zu vertrocknen. Alsbald (schon zu Anfang April) ist die Krankheit auf den Zwiebelhals übergegangen und setzt sich von da an einzelnen Schuppen nach dem Zwiebelboden hin weiter fort, indem auf der sonst weißen Schuppenoberfläche durchscheinende, später braun werdende Flecke auftreten. Bei weiter fortgeschrittener Krankheit soll der Querschnitt der Zwiebel braune, von einzelnen zerstörten Schuppen herrührende Ringe zwischen den gesunden Zwiebelschuppen zeigen und in Folge dessen genau dasjenige Krankheitsbild darstellen, das man unter der Bezeichnung der „Ringelkrankheit" zu verstehen pflegt. Nach meiner Anschauung ist die überall verbreitete Ringelkrankheit auf eine, durch die jetzt herrschende Kulturmethode veranlaßte Unreife der Zwiebelschuppen zurückzuführen. Die nicht genügende Reife giebt dem bei feuchter Luft sich überall einnistenden Pinselschimmel Penicillium glaucum einen so günstigen Nährboden in einzelnen, noch saftigen Schuppen, daß derselbe grade so wie bei Aepfeln und Birnen die Zersetzung des bisher gesund gewesenen Gewebes veranlaßt. Auch von den Anguillen ist nun eine Einwanderung in einzelne Schuppen der Zwiebel beobachtet worden. Daß einzelne, braune, abgestorbene Schuppen zwischen den dauernd gesund bleibenden auftreten, beweist, daß die Krankheit in horizontaler Richtung sich nicht von einer Schuppe auf die andere überträgt, sondern in der erkrankten Schuppe abwärts bis zum Zwiebelboden steigt und von diesem aus neue Schuppen zu ergreifen im Stande ist. Bei feuchter Aufbewahrung siedelt sich auf den erkrankten Zwiebeln das bekannte Penicillium glaucum an.

---

[1]) Prillieux: La maladie vermiculaire des Jacinthes. Journ. d. l. Soc. nat. d'Hortic. III. Ser. III. 1881, S. 253.

Ein durch die gelben Blattflecke parallel der Oberfläche ausgeführter Schnitt zeigt zwischen den Blattzellen eine Menge bis 1 mm langer, im geschlechtsreifen, Larven- und Eizustande befindlicher Aelchen, welche Prillieux als Tylenchus Hyacinthi einstweilen eingeführt hat und die vielleicht mit dem T. devastatrix oder Dipsaci identisch sind. Bis jetzt könnte als Unterscheidungsmerkmal etwa nur der Umstand gelten, daß bei dem Hyacinthenälchen die Größe der Männchen diejenige der Weibchen erreichen und selbst übertreffen kann, während bei dem Roggenälchen die Größendifferenz der Geschlechter sehr in die Augen springt. Wie bei den anderen Tylenchus-Arten haben auch bei denen der Hyacinthen die Weibchen ein spitzes Schwanzende, während bei den Männchen dasselbe mit flügelartigem Anhange versehen ist.

Wenn die Blätter der Hyacinthe abzuwelken beginnen, steigen die Thiere in die fleischigen Schuppentheile hinab, in denen sie ihre Vermehrung fortsetzen, so daß man auch hier alle Entwicklungsstadien vom Ei bis zum geschlechtsreifen Aelchen antreffen kann. Das für die Schuppe charakteristische Anzeichen der Anwesenheit von Anguillen, nämlich das Durchscheinendwerden der befallenen Stellen, wird durch das Verschwinden des Stärkemehls hervorgebracht; die eintretende Bräunung rührt theils von der schon als erstes Merkmal der Zersetzung anzusehenden Bräunung der Zellwände her, theils von dem Auftreten einer gummiartigen, gelben Masse in den Intercellularräumen, die, mit Salpetersäure behandelt, Schleimsäure giebt.

Nach dem hier wiedergegebenen Krankheitsbefunde kann es nicht zweifelhaft sein, daß die Aelchen, welche die Blätter frühzeitig vergilben machen und die Schuppen theilweise zerstören, als die Ursache der Krankheit anzusehen sind. Etwas Anderes ist es dagegen mit der von Prillieux ausgesprochenen Vermuthung, daß diese von ihm entdeckte „Wurmkrankheit“ identisch mit der von mir beschriebenen „Ringelkrankheit“ [1]) der Hyacinthen sei. Die in Folge dessen von mir aufgenommene Untersuchung des von Herrn Prillieux mir freundlichst gesandten Materials der Wurmkrankheit hat nun ergeben, daß beide Krankheiten spezifisch verschiedene, wenn auch einander sehr ähnliche und oft gemeinsam mit einander an derselben Zwiebel vorkommende sind.

Die Verschiedenartigkeit [2]) tritt bei Beobachtung der jüngsten Krankheitszustände am deutlichsten hervor. Bei der Wurmkrankheit sieht man in solchen Schuppen, in die die Thiere sehr frühzeitig ihren Einzug gehalten, nicht selten eine in der Richtung zur Längsachse der Schuppe senkrechte Streckung einiger parenchymatischen Zelllagen. Diese Streckung ist als das erste Anzeichen von Gallenbau aufzufassen, ähnlich wie diese z. B. bei Einwanderung von Phy-

[1]) Sorauer: Untersuchungen über die Ringelkrankheit und den Rußthau der Hyacinthen. Berlin und Leipzig, Hugo Voigt, 1878.

[2]) Wiener illustrirte Gartenzeitung. 1882, Heft 4.

toptus in Birn- und Apfelblätter stattfindet. Bisweilen erscheint dadurch der Schuppentheil mehrfach gewölbt, was dem bloßen Auge den Eindruck feiner Querrunzeln macht. Es ist ferner bei der Wurmkrankheit hervorzuheben, daß die Stellen, in denen die Aelchen liegen, durch braunwandiges, anscheinend verkorktes Gewebe inselartig umschlossen sind und daß Pilzmycel zunächst nicht erkennbar ist. Bei der eigentlichen Ringelkrankheit ist eine solche gallenartige Streckung im Schuppengewebe nicht zu finden; die Bräunung der Schuppen ist eine meist weit gleichmäßigere, den ganzen Queidurchmesser umfassende und immer von Mycel begleitete. Das Mycel ist häufig und zwar namentlich an der Grenze zwischen gesundem und krankem Gewebe, noch nicht innerhalb der Schuppe nachweisbar; wohl aber zeigt eine stärkere Vergrößerung, daß sich sehr zarte Mycelfäden unmittelbar unter der Cuticula der Zellen der Oberhaut hinwinden. Die sonst glänzende Oberfläche der Schuppe wird dadurch stumpf und matt und später beginnt an diesen Stellen eine Bräunung der Wandungen. Mit dem Eintreten des Mycels in das Innere der Schuppe beginnt der Lösungsprozeß der Stärke. Um einzelne Infectionsheerde bildet sich (wahrscheinlich bei Eintritt großer Trockenheit) eine uhrglasförmige Korkzone und sistirt die Krankheit. In anderen Fällen schreitet die Krankheit während der ganzen Vegetationsperiode lebhaft fort; doch erkennt man auch dort endlich einen Stillstand. Derselbe deutet sich dadurch an, daß an der Grenze des kranken Schuppentheiles sich innerhalb des gesunden Gewebes eine Zone von Korkzellen quer durch die Schuppe legt, was ich bei der Wurmkrankheit, wenn dieselbe allein in der Zwiebel vorhanden, nie zu beobachten Gelegenheit gehabt. Die Wurmkrankheit wird nicht auf die Hyacinthen beschränkt sein, sondern auch auf anderen Zwiebelgewächsen vorkommen. Bereits meldet Beyerinck, daß er die jungen Speisezwiebeln durch solche, mit den Hyacinthen-Anguillen verwandte oder identische Rundwürmer (T. Allii) hat zu Grunde gehen gesehen, während alte Zwiebeln, selbst in älchenhaltige Erde versetzt, nicht ergriffen erschienen.[1]) Die befallenen, jungen Pflänzchen zeigen sich verkürzt und verdickt; ich fand solche Exemplare auch mehrfach verkrümmt, wie dies auch bei unseren Hyacinthenblättern und bisweilen selbst bei ganzen Blüthenschäften vorkommt. Uebrigens bemerkte ich auf den Speisezwiebeln zwischen den Schuppen auch Phytoptus.

Von Aelchenbeschädigungen an andern Pflanzen ist erwähnenswerth, daß unsere gewöhnliche Schafgarbe (Achillea Millefolium L.) an den untersten Blättern kleine, ovale, gallenartige, 3—4 mm lange Auftreibungen zeigt, die vorzüglich am Mittelnerven, seltener am Grunde der Fiedern ihren Sitz haben. Diese rings geschlossenen Auftreibungen sind von der Epidermis gedeckt, anfangs normal grün gefärbt und behaart, dickwandig,

---

[1]) Beyerinck: Do Oorzaak der Kroefziekte van jonge ajuin planten. cit. Bot. Centralbl. 1883, Bd. XVI, Nr. 4, S. 108.

derb und saftreich. Gegen den Herbst hin werden sie dünner, saftloser, runzelig faltig und gelblich grün. Jede Galle hat eine winkelige Biegung und Drehung der Blattachse zur Folge.[1]) Die im August 1872 gesammelten Gallen enthielten, nach Thomas' Beobachtung im Oktober 1874 noch lebensfähige Aelchen.[2]) — Wahrscheinlich gehören nach Löw auch die Erzeuger der von v. Frauenfeld[3]) auf den Blättern von Gnaphalium Leontopodium Jaqu. und Falcaria Rivini Host. gefundenen Gallen hierher. Die nach Kühn[4]) von Tylenchus nivalis hervorgerufenen Gallen des Edelweis (Gnaph. Leont. — Leontopodium alpinum) haben ihren Sitz an den Blättern der gemeinsamen Hülle am Rande oder auf der Fläche des Blattes oder richtiger den am Stiel angewachsenen Tragblättern der seitlichen Blüthenköpfchen; sie sind 1,5—2,5 mm groß, ragen nach beiden Seiten gleichmäßig über die Blattfläche vor und bergen in ihrem Innern einen Knäuel von Aelchen, welche A. Braun nach 6 monatlicher, trockner Aufbewahrung noch lebensfähig fand. Als kleiner, schwarzer, buckeliger Höcker zeigt sich eine Galle auf den borstenförmigen Blättern von Festuca ovina, hervorgebracht durch eine Anguillula, die Harby als Vibrio graminis eingeführt hat.[5]) Eine ähnliche dunkelviolette, nach außen als Höcker vorspringende Galle erscheint am Grunde der Blattspreite von Agrostis canina.[6]) Die Auftreibungen entstehen durch Parenchymwucherungen. Anguillula (Tylenchus) Phalaridis Steinb. erzeugt flaschenförmige Fruchtgallen an Phleum Boehmeri und Koeleria glauca.[7]) In den Aehrchen von Agrostis stolonifera var. diffusa ist ein Aelchen (Anguillula [Tylenchus] Agrostidis) gefunden worden. Kleine, sparsame Auftreibungen durch Tylenchus fand ich an Blättern von Taraxacum officinale L. — Eine neue, den Charakter des Phytoptocecidiums annehmende Gallenform durch Tylenchus entdeckte Thomas an den Blättern von Dryas octopetala. Es ist entweder eine ca. 1 mm hoch die Oberseite überragende Ausstülpung der Blattspreite, wie bei Teucrium Chamaedrys durch Phytoptus hervorgerufen wird, oder es ist eine nach unten hin erfolgende Umschlagung des Blattrandes. Die Thiere leben im Innern des Gewebes oder in den Hohlräumen, welche durch ein theilweises, blasenartiges Abheben der unteren Blattepidermis entstehen. — Auch unsere Gartennelken finden sich von Rundwürmern heimgesucht.[8])

Von hervorragendem Interesse ist das bisher selten in großer Menge beobachtete Luzerneälchen auf Luzerne (Medicago sativa) und Rothklee (Trifolium prat.), das den Namen Tylenchus Havensteinii Kühn erhalten hat. Die Triebe der erkrankten Pflanzen sind stark verkümmert, da die Stengel sich verkrümmen und verdicken, die Blätter meist unvollkommen ausgebildet sind und bisweilen schuppenförmig bleiben. Die Knospen wachsen bei hochgradiger Erkrankung gar nicht oder nur zu kurzen Trieben aus, welche bisweilen rundlichen, gallenartigen Gebilden von weißlicher Färbung gleichen.

---

[1]) Fr. Löw: Tylenchus Millefolii n. sp. Verhandl. d. zool.-bot. Ges. in Wien, 1874.

[2]) Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde zu Berlin. Sitzung vom 16. März 1875. Bot. Ztg. 1875, S. 385.

[3]) Verhandl. d. zool.-bot. Ges. zu Wien, Bd. XXII, S. 347.

[4]) Bot. Jahresber. 1880, II, S. 742.

[5]) Magnus: Sitzungsber. d. bot. Ver. d. Prov. Brandenb. cit. Bot. Ztg. 1875, S. 578.

[6]) Bot. Ztg. 1876, S. 586.

[7]) A. Braun: Sitzungsber. d. Gesellsch. naturf. Freunde. cit. Bot. Ztg. 1875, S. 387.

[8]) Disease of Carnations. Gard. Chron. 1881, II, S. 721.

Gegenüber dem Roggenälchen ist Tyl. Havensteinii durchschnittlich um 1/6 länger, während die Dicke beider Arten nahezu gleich ist. Tritt die Krankheit in bedeutender Ausdehnung auf, so muß man den Anbau von Luzerne und Klee für mindestens 10 Jahre vermeiden und statt dessen die Esparsette (Onobrychis sativa bifera Alefld. — O. sat. maxima Wern.) zwei- und dreischürig anbauen.[1])

Daß die Erscheinung der „Kleemüdigkeit“ in manchen Fällen durch das Auftreten von Aelchen veranlaßt werden kann, ist schon früher hervorgehoben worden. Die ausschließliche Ursache sind sie nicht. Bodenerschöpfung an einzelnen Nährstoffen oder bestimmten Nährstoffverbindungen einerseits, Nährstoffüberschuß, also zu hohe Concentration andrerseits, werden in andern Fällen Veranlassung geben können. Wahrscheinlich werden die verschiedenen Ursachen nicht unter ganz denselben Merkmalen das Absterben der Pflanzen herbeiführen; indeß sind bis jetzt die Erscheinungen des Erkrankens und Ausgehens der Pflanzen noch zu wenig einer vergleichenden Untersuchung unterworfen worden, um jetzt schon ein bestimmtes Urtheil zuzulassen.

Die Rübennematode.

Von stets noch wachsender Bedeutung erscheint die erst in neuester Zeit genauer studirte Gattung Heterodera, Wurzelälchen, von der Carl Müller die umfassendste Arbeit [2]) geliefert, welche auch die eingehendsten Literaturnachweise enthält. Unsere Darstellung stützt sich vorzugsweise auf diese Arbeit, in welcher das Geschlecht Heterodera in folgender Weise charakterisirt wird. Der Körper der noch ganz jugendlichen, geschlechtslosen Thiere ist fadenförmig, beiderseits, besonders aber gegen den Schwanz hin sich verjüngend. Der Schwanz ist spitz, im älteren, unregelmäßig aufgetriebenen Thiere auch stumpf gerundet. Der Körper des in einer Cyste zur Entwicklung gelangenden, geschlechtsreifen Männchens bleibt fadenförmig mit stumpf gerundetem Schwanzende, während der Körper des durch Trächtigkeit aufgetriebenen Weibchens eine flaschenförmige Gestalt annimmt und sich in eine mit Eiern vollgestopfte Blase umwandelt. Der Mund ist endständig und mit einem hornigen, längsdurchbohrten Stachel bewaffnet, der in einen dreilappigen Schlundbulbus endigt.

Von dieser Gattung wurde durch Schacht zuerst eine Art an den Zuckerrüben bekannt, die später von Schmidt [3]) den Namen Heterodera Schachtii A. S. erhielt. Schacht [4]) beobachtete nämlich im Jahre 1859 an im Wachsthum zurückgebliebenen, zwischen üppig vegetirenden Rüben stehenden Exemplaren weiße Pünktchen in Größe eines schwachen Stecknadelkopfes an den dünnen Wurzeln. Die Pünktchen erwiesen sich als die namentlich den feinen Faserwurzeln ansitzenden, trächtigen Weibchen, die allein mit dem bloßen Auge zu erkennen sind und etwa wie weiße Quarzkörner aussehen. Als Larve lebt das

---

[1]) Bot. Jahresber. 1881, S. 744.

[2]) C. Müller: Mittheilungen über die unsern Kulturpflanzen schädlichen, das Geschlecht Heterodera bildenden Würmer. Landwirthsch. Jahrb. XIII, 1883.

[3]) Zeitschrift d. Ver. f. d. Rübenzuckerindustrie 1859, Bd. XI.

[4]) Zeitschrift d. Ver. f. d. Rübenzuckerindustrie 1871, Bd. XXI.

Thier mehr im Innern des Gewebes und bewegt sich später nach der Epidermis hin,[1]) wo es geschlechtsreif wird. Bei dem Anschwellungsprozeß des Weibchens hebt sich theilweis die Wurzeloberhaut ab, wodurch der Körper des Thieres sichtbar wird. Solche trächtige Weibchen wurden von Kühn, welcher der Erforschung der Krankheit besondere Aufmerksamkeit gewidmet,[2]) von Juni bis November, und zwar bis 200 Stück an einer Rübe beobachtet. Am gefährlichsten werden diese Aelchen bei massenhaftem Auftreten natürlich den jungen Pflanzen, deren vollständiges Ausgehen sie verursachen können. Aeltere Rüben zeigen eine Verzögerung der Reife und Geringhaltigkeit des Saftes.

Es ist sicher, daß man in dieser Heterodera eine von den wahrscheinlich vielfachen Ursachen der „Rübenmüdigkeit“ vor sich hat. Die bei den Praktikern wohl noch häufiger vertretene Anschauung, daß Nährstoffmangel, namentlich Kali- und Phosphorsäuremangel die Veranlassung für die Unsicherheit und schließlich vollkommene Müdigkeit der Böden für Rüben sein dürften, ist sicherlich auf vereinzelte Fälle zu beschränken. Wir sehen auch thatsächlich vielfach eine Düngung gänzlich erfolglos. Unter Umständen kann eine Düngung sogar Rübenmüdigkeit erzeugen. Liebscher[3]) beobachtete Fälle, in denen sich der Eintritt der Rübenmüdigkeit vom Zeitpunkt einer Compostdüngung ab datiren ließ, durch welche nematodenhaltige Erde oder Schnitzel auf den Acker gebracht worden waren.

Als bestes Mittel wird sich die strenge Vermeidung des Anbaues aller solcher Pflanzen empfehlen, die Nährpflanzen für die Nematoden abgeben. Als nicht angreifbare Pflanzen empfiehlt Liebscher den Klee, Kartoffeln, Erbsen, Cichorien und auch Gerste. Von letzterer Kulturpflanze aber erscheint der Werth zweifelhaft durch eine Beobachtung von Märker[4]). Auf einem sehr rübenmüden Lande war 3 Jahre hintereinander Gerste gebaut worden. Während in den ersten beiden Jahren die Ernten befriedigend waren, entwickelte sich im dritten Jahre die Gerste nur unvollkommen, indem das Korn platt und nicht voll war. Etwa 14 Tage vor der Ernte wurde die Gerste plötzlich nothreif und schneeweiß. Die Untersuchung wies Nematoden in zahlloser Menge nach. Man kann sich diesen Fall kaum in anderer Weise erklären, als daß in dem ersten Jahre die Aelchen noch von den Rübenresten im Boden gelebt und erst allmählich auf die Gerste übergegangen sind.

---

[1]) Biedermann's Centralbl. 1879, S. 404, Anmerk.

[2]) Jul. Kühn: Die Rüben-Nematode. Zeitschr. d. landw. Centralver. d. Prov. Sachsen 1870, Nr. 12. — Versuche zur Bekämpfung der Rüben-Nematoden. ibid. 1871, S. 97 und 1875. — Kühn u. Liebscher: Bericht über Versuche mit rübenmüdem Boden, welche im Jahre 1879 in mehreren Wirthschaften der Prov. Sachsen ausgeführt worden sind. Neue Zeitschr. f. Rübenzuckerindustrie 1880, Nr. 4.

[3]) cit. Bieberm. Centralbl. 1879. S. 406.

[4]) Aus „Magdeburg. Zeit.“ cit. in Bieberm. Centralbl. 1884. Nr. 8. S. 554.

Außer dieser Getreideart dienen nach den Angaben von **Kühn** und **Schmidt** noch folgende Pflanzen diesen Nematoden als Nährpflanzen: Zunächst ist neben der Runkelrübe der verwandte Spinat (Spinacia oleracea L.) zu nennen; außer diesen erwähnt **Schmidt** noch die Sonnenrose (Helianthus annuus L.) und den schwarzen Rettig (Raphanus sativus L.). **Kühn** fand nicht nur den schwarzen Rettig, sondern auch die weißen Varietäten des Sommerrettigs befallen. Dazu kommen noch zahlreiche andere Kreuzblüthler wie Senf (Sinapis alba L. und sativa L.), Rübsen (Brassica Rapa oleifera Mtzg.) und Raps (Brassica Napus oleifera DC.) nebst Wrucke (Br. Napus rapifera Mtzg.). Wie nach dem Angeführten zu vermuthen, leiden nun auch die Kohlarten, wie z. B. die verschiedenen Arten von Blattkohl und Kuhkohl (Brassica oleracea acephala L.), der Rosenkohl (Br. ol. gemmifera L.), der Wirsing (Br. ol. sabauda L.), der Kopfkohl (Br. ol. capitata L.), der Kohlrabi (Br. ol. gongylodes L.) und schließlich der Blumenkohl (Br. ol botrytis L.) sowie die Salatkresse (Lepidium sativum L.).

Ein von **Kühn**[1]) als Tarichium auxiliare bezeichneter Pilz, der in den After des Weibchens eintritt und die Eier und Embryonen zerstört, dürfte nur in ausnahmsweisen Fällen eine für die Praxis bedeutungsvolle Hülfe bei der Vernichtung der Nematoden abgeben. Dagegen legt **Kühn**[2]) ein sehr großes Gewicht auf den Anbau von **Fangpflanzen**. Als solche wurden neben den verschiedenen Kohlarten (Wirsing, Kopfkohl ꝛc.) der Rübsen und Raps, Rettig, Spinat und namentlich die Gartenkresse (Lepidium sativum L.) benutzt. Die im Jahre 1880 u. 81 ausgeführten Versuche ergaben, daß die mit Fangpflanzen behandelten Rübenäcker einen nahezu ebenso guten Ertrag, als die rübensicheren Aecker lieferen, die Rübenmüdigkeit also verschwunden war. Man muß aber auch ein ganzes Jahr zur Vertilgung der Aelchen bestimmen, indem man in dem Zeitraum von April bis August drei Aussaaten von Fangpflanzen macht. Um möglichst viel freie, die Thiere bergende Wurzeln mitzubekommen, muß mit dem Spaten vorgestochen und die Pflanze in mit Leinwand ausgeschlagenen Körben fortgetragen werden.

Das Wurzelgallenälchen.

Von der Rübennematode unterscheidet sich nun das in neuester Zeit an einer größeren Anzahl von Pflanzen aus den verschiedensten Familien nachgewiesene Wurzelälchen (Heterodera radicicola C. Müll. — Anguillula radic. Greeff.), welches im Jahre 1864 zum ersten Male bekannt wurde.[3]) **Magnus**

[1]) Berichte aus d. physiol. Laborat. d. landw. Institutes d. Univ. Halle. Heft III.

[2]) ibid. Heft IV. cit. im Jahresbericht f. Agrikulturchemie. 1882. S. 233.

[3]) Die zoologischen Unterschiede beider Arten sind von C. **Müller** (Landwirthsch. Jahrb. Bd. XIII. l. c.) zusammengestellt worden. Bei Vergleich der Beschreibungen aber bemerkt man, daß die Unterschiede zum großen Theil auf dem Fehlen von Merk-

entdeckte im Jahre 1870 die durch das Thier hervorgebrachten Wurzelgallen an einer Scrophularinee des Berliner botanischen Gartens, nämlich an Dodartia orientalis L. Die Gallen, die nach der von Thomas eingeführten Terminologie also als Halminthocecidien zu bezeichnen sind, stellen unregelmäßig kugelige oder spindelförmige Anschwellungen an dünneren und dickeren Wurzeln dar. Die Gallenoberfläche zeigt meist kleine Wärzchen und Buckeln; im Querschnitt erkennt man blasenartige Hohlräume, welche mit zahllosen Eiern erfüllt sind. Wenn man die Gallen mit den Präparirnadeln zerzupft, gelingt es, den Gesammtinhalt eines Hohlraumes als ein Ganzes von annähernd birnenförmiger Gestalt bloß zu legen. Es zeigen sich dann die Eimassen von einer farblosen, ringsum geschlossenen Membran eingehüllt, welche somit eine Cyste bildet. An frischem Gallenmaterial erkennt man nun, daß eine solche mit Eiern erfüllte, fein quergeringelte Cyste ein lebendiges Thier darstellt, welches nur im Stande ist, das zugespitzte Kopfende träge zu bewegen; in diesem Kopfende kann der nadelförmige Mundstachel ruckweise vorwärts und rückwärts geschoben werden.

Nach den Untersuchungen von C. Müller stimmt der Bau der Gallen, bei den verschiedenen Nährpflanzen in allen wesentlichen Punkten überein; daher lassen sich die von dem genannten Beobachter an Musa rosacea gefundenen Thatsachen als allgemein gültige verwerthen. Die Thiere sitzen in sehr verschiedener Tiefe des Wurzelkörpers; bald erscheinen sie tief im Gefäßbündelcylinder vom Holz und Bast eingeschlossen, bald dagegen so oberflächlich, daß sie nur halb vom Rindengewebe umwachsen sind, also in der Weise ansitzend, wie die Rübennematode. Indeß ist bei dem Wurzelälchen in jeder Lage stets eine Vermehrung und Vergrößerung der Zellen der Nährpflanze wahrnehmbar; die im normalen Verhältniß dickwandigen Zellelemente erscheinen dann dünnwandig, die Gefäße verzerrt und gedrückt. Liegt ein Thier in der Innenrinde, so strecken sich die radialgereihten Zellen, die sonst tangential ihren größten Durchmesser haben, außerordentlich stark radial, wobei sie gegen das

---

malen bei der Rübennematode basiren, welche das ungleich eingehendere Studium Müller's am Wurzelälchen aufgefunden hat. Da nun Frank*) durch im Großen ausgeführte und daher unvermeidlich etwas roh gebliebene Infectionsversuche nachgewiesen, daß das Wurzelälchen auch auf Beta vulgaris vorkommt, so erscheint mir die Unterscheidung der beiden Arten nicht sicher genug. Die verschiedene Gestalt der Cysten und ihre substanzielle Beschaffenheit, sowie der Umstand, daß H. radicicola Gallen bildet, aber H. Schachtii dies nicht thut, sind auch nicht genügende Beweise. Betreffs des letzten wesentlichsten Punktes grade führt Müller selbst an, daß Kühn und Schmidt Knötchen an den Wurzelfasern der Rüben beobachtet haben und daß andrerseits auch das Wurzelälchen ganz oberflächlich vorkommen kann.

*) Verhandl. d. naturhistorisch. Ver. d. preuß. Rheinlande. 1864. cit. bei B. Frank: Ueber das Wurzelälchen und die durch dasselbe verursachten Beschädigungen der Pflanzen. Ber. d. deutsch. Bot. Ges. 1884. Bd. II. Heft 3.

Thier hin convergiren. Durch diese Streckung verlieren Endodermis und Pericambium ihren Charakter.

In den Gewebeknollen findet man rückwärts von dem Hinterende des Thieres belegene, bräunliche, corrodirte Gewebemassen; es dürften dies die Zellen sein, welche das Thier bei seiner Einwanderung verletzt hat. Daß man nicht einen vollkommenen Spurgang findet, wird klar, wenn man erwägt, daß ein solcher schwacher, ursprünglicher Eintrittskanal sofort bei der gallenartigen Streckung der umgebenden Zellen zuschwellen muß. Das Thier wird, so lange es noch schlanke, wenn auch schon befruchtete Larve ist, in den verschiedensten Richtungen in das Wurzelgewebe sich einbohren. In dem Augenblicke, wo es in Folge seiner Trächtigkeit anzuschwellen beginnt, hört seine Wanderung auf. Um die älteren, zu Cysten gewordenen Mutterthiere stellt sich meist allmählich Fäulniß des Gewebes ein, während gleichzeitig sich auch ein von außen beginnender Zerstörungsprozeß bemerkbar macht. Es berstet nämlich an solchen Stellen, wo ein trächtiges Thier ruht, die Außenrinde und dieser Spalt erweitert sich allmählig bis zu dem Thiere hin. Zu unterscheiden sind von solchen braunwandigen, geplatzten Stellen die in Folge starken Dickenwachsthums auch an gesunden Wurzeln entstehenden Risse, bei denen aber eine Fäulniß sich durchschnittlich nicht einstellt, während im ersteren Falle wohl fast immer eine Wurzelfäule die Folge ist und diese sich ausbreitende Zerstörung der Wurzeln die Ursache des Kränkelns der Pflanzen abgiebt. Durch die entstandenen Spalten wandern die Larven nach dem Zersprengen der Eihäute aus dem gestorbenen Mutterthiere aus. In's Freie gelangt, verbreiten sie sich im Boden und gelangen an andere Pflanzen. Zweifelsohne können aber die Thiere, falls solche Spalten noch nicht hergestellt sind, auch im Innern des Gewebes weiter wandern, indem sie sich durch die Intercellularräume fortbewegen oder, wenn die Mutterthiere im Gefäßbündelcylinder liegen, auch in den weiten Gefäßen fortschreiten. In den Gallen findet man auch vereinzelte männliche Thiere vor und diese werden auf ihrer Wanderung die zahlreichen weiblichen Thiere befruchten, welche oft gruppenweise im Trächtigkeitszustande liegen bleiben und so die größeren Gallennester bilden, die man nicht selten in den Wurzeln vorfindet.

Die männlichen Thiere findet man ebenfalls in Cysten und zwar einzeln liegend. Aus diesem Befunde ergiebt sich nach C. Müller[1]) folgende Deutung für die Cyste. Dieselbe entspricht dem Puppenzustande der Raupe auf ihrem Uebergange zum Schmetterlinge. Es entwickelt sich aus dem Ei das geschlechtslose Thier, die schlanke Anguillula-Form und die Haut derselben wird bei dem männlichen Wurm zur Cyste, zum Puppengehäuse, aus welchem der geschlechtsreife Wurm hervorgeht. Nach dieser Anschauung findet ein voll-

[1]) a. a. O. S. 32.

kommener Parallelismus in der Entwicklung der beiden Geschlechter nicht statt. Während das Männchen seinen Puppenzustand schon als geschlechtslose Larve eingeht, tritt das Weibchen erst nach der Befruchtung in diesen Zustand ein und beschließt damit sein Leben. Es ist hier dieses Absterben des Thieres dem bei Blattläusen (z. B. Aphis Ribis) auftretenden Verhalten analog. Bei der Stachelbeer-Blattlaus u. a. findet sich im Spätsommer im Innern des befruchteten Weibchens ein einziges sehr großes Ei, auf welchem das Mutterthier abstirbt und mit seinem Leibe eine Decke bildet. An Stelle des einzigen Blattlauseies entstehen bei Heterodera viele Eier.

Es wurde eingangs bereits ein Zweifel darüber ausgesprochen, ob die Rübennematode wirklich eine von dem Wurzelälchen zu trennende Art sei. Der Zweifel wird dadurch erhöht, daß Heterodera radicicola auf so vielen Pflanzen der verschiedensten Familien bereits gefunden worden ist. Durch die von Frank[1]) ausgeführten Impfversuche ist auch unzweifelhaft erwiesen, daß die Thiere von einer Gattung auf eine ganz entfernt im System stehende andere Gattung (z. B. von Klee auf die Kaffeepflanze) übertragen werden können. Daß je nach dem Charakter der Nährpflanze die Gallenbildung etwas abweichend (also z. B. bei den Dicotylen mehr kurz und scharf abgesetzt knollenförmig, bei den Monocotylen mehr spindelförmig schlank verlaufend) ist, kann nicht auffallen. Ebenso wird bei gleich starker Infection die Beschädigung nicht überall dieselbe sein müssen. Die Pflanzen, bei denen eine leichte Regeneration der Wurzeln möglich, (z. B. die meisten Dicotylen) werden weniger leiden, als solche, die schwerer neue Wurzeln bilden (Monocotylen).

Die bisher entdeckten Nährpflanzen für Heterodera radicicola sind nach den Angaben von Frank und Müller folgende. Von den Schmetterlingsblüthlern sind es Onobrychis sativa, die Esparsette, Medicago sativa, die Luzerne, Soya hispida, die Soyabohne. Trifolium pratense und incarnatum Ornithopus sativus, Erythrina crista galli. Unter den Doldenblüthlern außer Daucus Carota, der Mohrrübe, noch Angelica silvestris und Archangelica sowie Carum Carvi. Von den Körbchenträgern: Lactuca sativa, der Kopfsalat, Cichorium Intybus, die Cichorie, Leontodon Taraxacum, Sonchus macrophyllus. Es kommen noch hinzu Pirus communis, der Birnbaum, von dem aus Frank eine große Menge Pflanzen infizirt gesehen, wie z. B. Cucumis sativus, die Gurke, Dipsacus Fullonum, die Weberkarde, Balsamina hortensis, Beta vulgaris und Berberis vulgaris. Ferner Clematis Vitalba u. a., Vitis Labrusca und vinifera[2]), Cissus aconitifolius, Coffea arabica, Ixora aurea, crocea u. a., Hamiltonia spectabilis, Theophrasta crassipes?, Plantago lan-

---

[1]) a. a. O. S. 154.

[2]) Bellati e. Saccardo: Sopra Rigonfiamente non fillosserici osservati sulle adici di vite europee. Venezia 1881.

ceolata, Sedum glaucum u. a., Sempervivum tectorum und ich kann noch als neu hinzufügen Passiflora princeps coccinea. — Unter den Monocotylen ist das Wurzelälchen gefunden worden an Poa annua, Elymus arenarius Triticum repens, Musa rosacea, Dacca und Cavendishii, Heliconia pulverulenta und Strelitzia Nicolai. — Bei einigen Kulturpflanzen, wie bei Kaffee[1]) und anderen Rubiaceen[2]) sowie bei Wein sind bereits ausgedehnte Schädigungen beobachtet worden. Auch bei Gurken wird eine Anguillula als Feind mehrfach angegeben.[3]) Das Thier ruft an den Wurzeln, bisweilen auch an Stengeln und Blättern knotige Anschwellungen hervor. Durchschnittlich leiden nur ältere Pflanzen; doch ist auch schon eine Erkrankung ganz junger Sämlinge beobachtet worden. Eine verdünnte Lösung von übermangansaurem Kali soll mit Erfolg ohne Schädigung der Pflanzen gegen die Nematoden angewendet worden sein.

Die durch das Wurzelälchen hervorgerufene Krankheit hat dem Habitus nach eine große Aehnlichkeit mit den durch Phylloxera veranlaßten Wurzelanschwellungen, wie Fig. 58 zeigt. Indeß zeigt ein Querschnitt durch eine Wurzelgalle, Fig. 59, sofort die Unterschiede.[4]) a a sind die eierhaltigen Cysten im Parenchym der Wurzelrinde, p; s ist das normale Periderm, e die Endodermis, f der Holzcylinder des Wurzelkörpers, c Wundgewebe. In Fig. 60 sehen wir die vergrößerten Eier, von denen einige statt der Thiere eine fettreiche Masse enthalten. Fig. 61 ist eine durch ein Mutterthier gebildete Cyste.

Mitten in Deutschland, nämlich in Meißen, soll ein Nematodenheerd an Weinstöcken entdeckt worden sein.[5]) Crasso, der Besitzer der kranken Weinberge, beschreibt die äußeren Merkmale der Krankheit als Gelbsucht, gegen welche weder Düngung noch Absenken helfen wollten.

Auf den neuen, einjährigen, gelblich gefärbten Wurzeln zeigten sich bräunlich verfärbte Stellen; die Wurzelspitzen waren meist braun und geschrumpft. Die vergilbten Blätter rollten die allmählich verdorrenden, grau erscheinenden Ränder nach innen. An und in den erkrankten Wurzeln waren überaus zahlreiche Rundwürmer in Eier- und Larvenform; die sehr beweglichen Larven hatten 0,024 mm Länge; einzelne auf der Rinde gefundene, ausgewachsene Individuen werden zu 3—5 mm Länge angegeben, besaßen theils ein lang zugespitztes, theils ein stumpf abgerundetes Schwanzende und sämmtliche einen Mundstachel.

---

[1]) Jobert in Compt. rend. Séance du 9. Decembre. 1878. S. 941.

[2]) Cornu: Sur une maladie nouv. qui fait périr les Rubiacées etc. Compt. rend. 24 Mars. 1879.

[3]) Cucumber Disease. Gard. Chron. 1881. I. S. 330.

[4]) Nach Bellati und Saccardo.

[5]) Der Aalwurm des Weinstocks, Zeitschrift für Obst- und Gartenbau von Lämmerhirt. 1884. Nr. 10.

Die mangelnde Angabe über das Vorhandensein knötchenförmiger Gallen und über das Auftreten der charakteristisch angeschwollenen Weibchen veranlaßte mich,

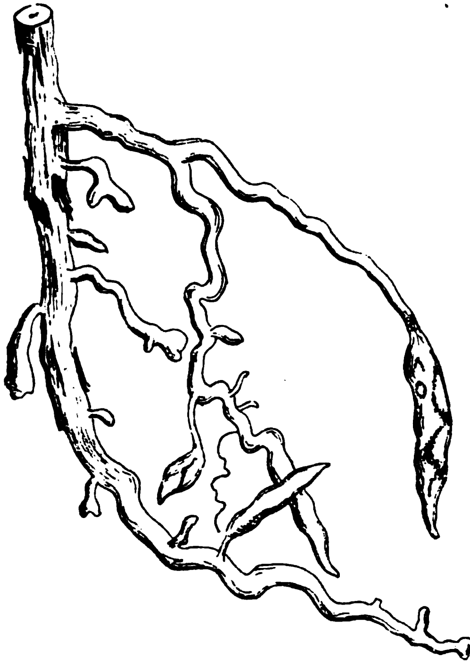


Fig. 58.

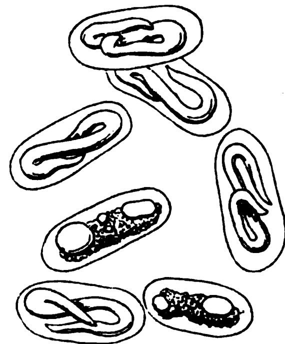


Fig. 60.

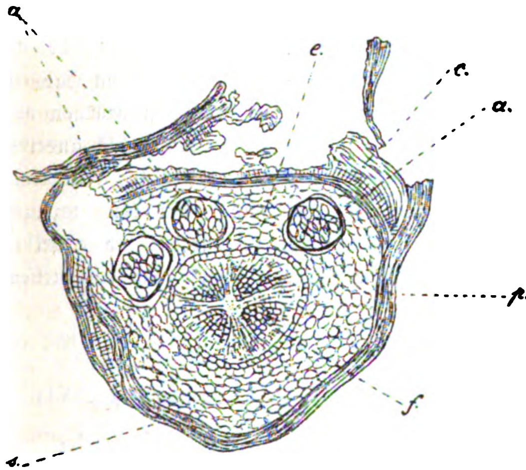


Fig. 59.



Fig. 61.

der Sache näher zu treter. Das nur im Zustande vollkommener Erweichung angelangte Wurzelmaterial zeigte keine Heterodera, sondern bis 3,5 mm lange

Würmer mit 25—28 von Borstenbüscheln besetzten Gliedern. Ich halte die Thiere für eine Art der Gattung Enchytraeus, die also mit den Regenwürmern Verwandtschaft haben würde. Die Thiere sind auch an Kartoffeln, Erdbeeren, Stachelbeeren und Erdraute gefunden worden.

In Folge der Krankheit ist die Hälfte der Stöcke in dem 194 a umfassenden Weinlande ausgerodet worden. Bei dem späteren Wiederanbau hat sich die Beimischung von Kalk zur Pflanzerde und das Begießen kranker Rebstöcke mit Wasser, in welchem Aetzkalk gelöst war, als vortheilhaft erwiesen.

Eine Verkrüppelung der Eiche durch Gallenbildung von Würmern (Gongrophytes quercina), welche in der Rinde und im Cambium nisten, beschreibt Henschel[1]). Die halbkugeligen, bohnenförmigen oder lockig schraubenartigen, sehr zahlreichen Gallen werden frühzeitig runzelig und rauh und bilden „Kröpfe", weßhalb die Krankheit als Kropfkrankheit der Eiche angeführt worden ist. Die an den Kröpfen entstehende Borkenschicht trocknet ein und bröckelt ab, so daß die zahlreich darin vorhandenen „Finnen" zu Boden fallen und dort wahrscheinlich ein weiteres Entwicklungsstadium durchmachen.

i) Rotatoria (Räderthiere).

Magnus[2]) beschreibt Räderthier-Gallen an Vaucheria geminata als meist seitlich aufsitzende, aus schmaler Basis nach oben etwas erweiterte, gewöhnlich zweihörnige Fadenausstülpungen; in diesen saß ein Mutterthier von Notommata Werneckii Ehrenb. (Cyclops Lupula Vauch.) nebst zahlreichen, von ihm gelegten Eiern oder daraus hervorgegangenen, gestaltlich abweichenden Jungen. Die hornartigen Fortsätze der Galle sieht Magnus als die präformirten Austrittsstellen für die jungen Thiere an, wogegen Wollny[3]), der die Hörner nie durchbohrt fand, glaubt, daß die Thiere durch den engen Hals in den Algenschlauch hineinwandern. Die von Roth beschriebenen Formen von Conferva dilatata β. clavata Roth und γ. bursata Roth sind nichts anderes, als die mit Gallen besetzten Formen von Ectosperma clavata Vauch.; Vaucheria sacculifera ist die gallentragende Vaucheria geminata. Bei den einzelnen Arten dieser Alge sind übrigens die Gallenformen verschieden; ob dieselben durch verschiedene Cecidozoen hervorgerufen werden, bleibt noch festzustellen.

---

1) Centralblatt für das gesammte Forstwesen. 8. Jahrgang. S. 57—88, cit. Jahresb. f. Agrikultur-Chemie, 1882, S. 236.

2) Magnus: Sitzungsberichte d. bot. Vereins d. Prov. Brandenburg, XVII. v. 25./VIII. 76.

3) Wollny: Ueber die Gallen an Vaucheria. Hedwigia 1877, Nr. 11.

Cap. VII.

Verflüssigungskrankheiten.

a) Normale Verflüssigungsvorgänge.

Unter Verflüssigungskrankheiten fassen wir die aus sehr verschiedenen Ursachen herrührende Bildung von Schleim, Gummi, Harz und Wachs an Stellen des Pflanzenkörpers zusammen, an denen sonst dergleichen Produkte nicht entstehen. Es wäre irrig, die Bildung dieser Stoffe überhaupt als Krankheitsprozesse der Pflanzen ansehen zu wollen; dieselben sind vielmehr als ganz normale, regelmäßig in gewissen Alterszuständen des Pflanzentheils auftretende Resultate des Stoffwechsels aufzufassen, die so allgemein im Pflanzenreiche verbreitet sind, daß es schwer fallen dürfte, Pflanzenfamilien aufzufinden, bei denen sämmtliche dieser Produkte fehlen möchten. Wir erinnern vorläufig nur an den Salepschleim, an Quitten-, Eibisch- und Leinsamenschleim, auf welche später näher eingegangen werden soll. Ebenso normal, wie die Bildung dieser Schleime zeigt sich die Entstehung von Gummi und Harz bei der größten Anzahl von Laubknospen, die im Frühjahr namentlich durch ihre glänzenden und klebrigen Ueberzüge in die Augen fallen. Die Betrachtung dieser normalen Erscheinung, über welche Hanstein[1]) eingehende Untersuchungen geliefert hat, führt am leichtesten zum Verständniß der später zu erwähnenden, krankhaften Bildungen.

Die Knospenschuppen einer großen Anzahl von Bäumen sind nämlich mit Haargebilden (Trichomen) von bald lappiger, bald bandartiger, bald keuliger oder pyramidaler Gestalt versehen. Einzelne Zellen dieser Trichome liefern bald Gummi allein, bald Harz oder ein Gemisch beider Stoffe. Diese Stoffe benutzt die Natur, wie z. B. bei der Erle, Pappel, Kastanie als schützende Hülle für die in der Entwicklung begriffenen Knospentheile, wodurch zunächst die Verdunstung, dann aber auch der Einfluß der Luft auf ein Minimum beschränkt werden. Dieser schützende Knospenleim (blastocolla) entsteht, falls er als Gummischleim sich darstellt, aus den Amyloïden, wie Cellulose und den derselben verwandten Stoffen, welche die Zellwand bilden. Die zu Schleim aufquellenden Schichten der Zellwand bilden eine mittlere Lage (Collagen- oder Quellschicht) unter der Cuticula und wenn diese Gummibildung einmal begonnen, beschränkt sie sich bei solchen kurzlebigen Haarorganen, deren Funktion mit der Entfaltung der Knospe erlischt, auch nicht mehr auf die Collagenschichten der Wandungen, sondern sie ergreift in der Regel später die ganze Zellwand sammt dem von ihr umschlossenen Zellinhalt. Vorgänge dieser Art

---

[1]) Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung bei den Laubknospen. Bot. Zeit., 1868, Nr. 43.

sehen wir bei dem schwarzen Hollunder (Sambucus), dem Schneeball (Viburnum) und den Stachelbeerarten (Ribes).

In denjenigen Fällen, in denen der Knospenleim vorzugsweise aus Harz besteht, ist dasselbe im Innern der Zellen der Knospenleim liefernden Organe oder Zotten (Colleteren) vorhanden; aber auch die Zellwandung zeigt eine starke Harzbildung, wie sich am Flieder (Syringa), an der Hainbuche (Carpinus) und an der Azalea beobachten läßt. Hier tritt das Harz zuerst an den Fugen der einzelnen Sekretionszellen als schmales, allmählich breiter werdendes Band zwischen der Cuticula und Cellulosehaut auf, was darauf hinweist, daß die wandverdickenden Stoffe, welche in irgend einer anderen Form hierher gewandert, sich nun erst an Ort und Stelle zu Harz umbilden. Ein schönes Beispiel gemeinschaftlich auftretender Harz- und Gummibildung liefern die Kirschen in den Leimzotten, welche an den Zähnen der Nebenblätter auftreten. Dieselben sind zuerst mit einem Harzüberzuge versehen und dieser wird durch eintretende Gummibildung später in die Höhe gehoben.

Bei den Kirschen nun hat Reinke[1]) nachgewiesen, daß auch die Blattzähne und die Blattstieldrüsen derartige Secretionsorgane sind. In Rücksicht auf die weite Verbreitung dieser secernirenden Thätigkeit der Blattzähne in den verschiedensten Familien des Pflanzenreiches sei hier ein Fall und zwar eben bei der Süßkirsche (Prunus Avium) eingehender behandelt.

An einem jungen, aber bereits völlig entfalteten Blatte sehen wir, daß jeder Zahn ein deutlich abgesetztes, kegelförmiges, dunkelrothes Spitzchen trägt; in jedem der dicker als die übrige Blattfläche erscheinenden Zähne läßt sich eine feine Nervenendigung erkennen. Die größere Fleischigkeit der Blattzähne beruht auf einer stärkeren Vermehrung der Mesophyllzellen, die hierbei gleichartiger in ihrer Gestalt werden und nur geringe Intercellulargänge zwischen sich lassen. Dort wo der Nerv blind im Blattzahn endigt, findet sich eine Einschnürung, oberhalb welcher nun die vorerwähnte rothe Spitze, das eigentliche Ausscheidungsorgan sitzt. Die Färbung kommt von dem rothen Zellsaft der peripherischen Zellen, unter welchen das übrige Gewebe mit nicht unbeträchtlichen Gerbstoffmengen und einzelnen Kalkoxalatkrystallen liegt. An dem Spitzchen nun theilen sich die Epidermiszellen durch radiale Scheidewände zu prismatischen, nach innen zu etwas keilförmig verschmälerten Zellen, welche allmählich doppelt so lang als die weiter abwärts am Zahn liegenden Oberhautzellen werden. Nach dieser Verlängerung theilt sich jede Zelle durch eine Querwand, wodurch somit hier eine zweizellige Epidermis entsteht.

Diese Doppelschicht prismatischer Zellen, deren Inhalt ein feinkörniges, stark lichtbrechendes, hellgraues Plasma ist, erweist sich als der eigentliche Secretionsheerd. Indem nämlich die innere Schicht der hier glatten Cuticula aufquillt und die äußeren Schichten blasenartig in die Höhe hebt, füllt sich der Zwischenraum zwischen den prismatischen Zellen und der Cuticula mit balsamartigem Secret, das schließlich die Cuticularblase sprengt.

Es verhalten sich also die Blattzähne wie die von Hanstein beschriebenen Trichomzotten. Was für die Zähne des ausgebildeten Blattes gilt, bezieht sich auch auf die

---

[1]) J. Reinke: Beiträge zur Anatomie der an Laubblättern, besonders an den Zähnen derselben vorkommenden Secretionsorgane. Pringsheim's Jahrbücher f. wissensch. Botanik, 1876, S. 119.

Niederblätter, mit denen die Knospen beginnen, auf die Stipulä und auf die Zähne der Kelchblätter.

Die Drüsen am Blattstiel sind als Zähne aufzufassen; sie zeigen sich auch von einem Gefäßstrange durchzogen und von demselben Bau und derselben Anordnung ihrer Gewebe, wie die gewöhnlichen Blattzähne. Bei diesen Drüsen ist auf der Oberseite eine leichte Vertiefung bemerkbar, in welcher sich die Cuticula zuerst abhebt, worauf die darunterliegenden Prismenzellen sich abrunden und ihr wasserhelles Secret in den Zwischenraum absondern. Schließlich wird die Cuticulardecke gesprengt und der klare Nectartropfen tritt hervor. Der wesentlichste Unterschied besteht also im Secretionsprodukt, das bei den echten Blattzähnen balsamisch, harzhaltig, bei den Petiolardrüsen aber klar und zuckerhaltig ist. Da man diese süßen, von bestimmten Zellheerden ausgeschiedenen Flüssigkeiten mit Nectar bezeichnet, so dürfen diese Drüsen den Namen „Nectarien" führen. Auch die übrigen Prunus-Arten besitzen solche Nectarien; nur ist ihre Ausbildung und Stellung nicht überall die gleiche. So sind sie bei Pr. semperflorens an den beiden untersten Blattzähnen, bei Pr. sinensis ebendort, aber nur ganz rudimentär entwickelt, wie bei Cerasus, wo sie auch gänzlich fehlen, während sie bei Pr. Armeniaca am mittleren Theile des Blattstiels zu mehreren übereinander sitzen.

Bei den Rosen secerniren die Blattzähne ein Gemisch von Harz und Schleim (Blastocolla), ebenso wie bei Cydonia japonica, welcher die Trichomzotten fehlen, bei Crataegus monogyna und Pirus Malus. Bei vielen anderen Pflanzen (Ribes, Fuchsia, Fragaria) sind an den Zähnen einzelne Spaltöffnungen zur Ausscheidung von Flüssigkeiten vorhanden. Aehnliche drüsenartige Anhangsgebilde wie die Süßkirsche besitzt auch Ricinus sanguineus am Blattstiel; die Secretion ist nectarähnlich. Bei Camellia japonica scheiden die hellfarbigen Spitzen der Blattzähne an den jungen Blättern ein schleimiges Secret aus.

Eine kürzlich erschienene Arbeit von Schenk[1]) weist Vorgänge, die sich an die bei den Leimzotten beobachteten anschließen, in den Höckern nach, mit denen sehr viele Pflanzenhaare bedeckt sind. Bei Cornus, Cineraria, Campanula und Bellis sieht man die Höcker an den Haaren entstehen, nachdem schon die innern Celluloseschichten sich an die cuticularisirte, primäre Membran angelagert haben, bei Deutzia scabra, Cheiranthus Cheiri, alpinus und anderen Cruciferen entstehen die Höcker schon an der primären Zellwand als hohle Ausbuchtungen, ebenso, wie an den Blüthenhaaren von Vinca major, Jasminum fruticans, Antirrhinum majus, Delphinium formosum u. A. Bei allen diesen Haaren tritt zwischen Cuticula und Celluloseschichten eine in Wasser nicht, wohl aber in Salz- und Salpetersäure quellbare, wahrscheinlich harzartige Substanz auf, welche die Cuticula bei der Quellung blasig abhebt.

Alle diese Secretionsvorgänge sind normale, für die Oeconomie der Pflanze nützliche, ebenso wie die Nectarausscheidungen in den Blüthenorganen, über welche Jürgens[2]) und namentlich Behrens[3]) eingehende Untersuchungen geliefert haben. Die Blüthennectarien bilden meist einen aus kleinen, polyedrischen Zellen bestehenden Gewebekörper mit sehr zarten Zellwänden. Oft fehlt der obersten Zellschicht die Cuticula gänzlich; in andern Fällen ist eine cuticularisirte Epidermis vorhanden und dann ein besonderes Secretionsorgan kenntlich. Wenn die oberflächliche Zellschicht ohne Cuticula ist, secerniren

[1]) H. Schenk: Untersuchungen über die Bildung von centrifugalen Wandverdickungen an Pflanzenhaaren und Epidermen. Inaugural-Dissertation, Bonn 1884.

[2]) Referat v. Hanstein in Bot. Z. 1873, S. 711.

[3]) W. J. Behrens: Anatomisch-physiologische Untersuchungen der Blüthen-Nectarien. Flora 1878, S. 454. — Flora 1879, S. 2: die Nectarien der Blüthen.

diese Epidermiszellen ihren Nectar direkt vermittelst Diffusion, wie z. B. bei den Schleimpapillen der Diervilla floribunda, die meist schlauch- oder flaschenförmig sind und bei denen man beobachten kann, wie die Papille sich allmählich mit einem großen Tropfen Nectar umgiebt. Der bei den verschiedenen Pflanzen verschieden zusammengesetzte Nectar besteht aus Zuckerarten, Gummi und andern Kohlenhydraten bei sehr geringer Beimengung von Eiweißstoffen.

Mehr hierher in den Kreis unserer Betrachtung gehört der zweite Secretionsmodus vermittels blasiger Auftreibung der Cuticula unter gleichzeitiger Verschleimung der mittleren Wandschicht (Collagen-Bildung). An der Spitze der Epidermispapillen findet der Vorgang z. B. statt bei Abutilon, Althaea, Tropaeolum majus, während die Abhebung der Cuticula auf der ganzen Epidermisschicht bei Cestrum und Nigella arvensis erfolgt. Bisweilen sind die secernirenden Zellen im Innern der Fruchtknotenwand gelegen, wie bei Scilla amoena. — Der Collagenbildungsvorgang kann sich soweit steigern, daß eine theilweise Resorption der wenig oder gar nicht cuticularisirten Epidermisschicht stattfindet. Die Wandungen besitzen alsdann eine starke Quellbarkeit, so daß sie allmählich unter Auflösung in Schleim zerreißen und der Inhalt der epidermalen und theilweis auch der subepidermalen Zellen frei heraustritt. — Ein letzter Modus der Secretion ist der durch „Saftventile", wie Behrens die Spaltöffnungen von geringen Dimensionen nennt, deren Schließzellen reich an Plasma und Stärke und deren Athemhöhlen mit Nectar angefüllt, also Safthöhlen geworden sind. In diese hinein diffundirt der Nectar aus dem Nectariumgewebe, wobei entweder dessen Zellwände erhalten bleiben oder mit verschleimen, wodurch natürlich die Menge des durch die Saftventile austretenden Secretionsstoffes vermehrt wird. Solche Ausscheidungen durch Saftventile zeigen die Nectarien von Acer Pseudo-Platanus, Aralia Sieboldtii und von Umbelliferen, wie Pastinaca sativa, Heracleum Sphondylium u. A.

Der Verschleimungsprozeß an den Samenschalen von Quitten und Lein ist allgemein bekannt und hat technische Verwendung gefunden. Uns sehr naheliegende andere Pflanzen mit verschleimender Epidermis der Samenschale sind Camelina sativa und Capsella Bursa pastoris. Nach v. Bretfeld[1]) unterscheidet man im Reifezustand des Samens bei beiden Pflanzen 3 Zonen, von denen eine schwach lichtbrechend ist, eine innere das Licht stärker bricht und eine in der Mitte der Epidermiszelle (Kernzone) am stärksten lichtbrechend erscheint. Die innere Zone effectuirt die Verschleimung und die Kernzone den eigentlichen Quellungsvorgang. Bei Camelina erhebt sich aus der Kernzone ein Quellkegel, der fast an die Cuticula reicht oder, falls Letztere platzt, über dieselbe hinausragt. Die Schleimmassen der inneren Zone, welche die Zelle auftreiben und die Cuticula sprengen, falls es nicht schon der Quellkegel gethan hat, kommen nun in Form eines mächtigen Schleimstrahls hervor. Einen etwas abweichenden Vorgang beschreibt Uloth[2]) bei der Schleimbildung aus der Samenepidermis von Lepidium sativum, Plantago maritima und Pl. alpina, bei welchen das Material zur verschleimenden Verdickungsschicht der Zellmembran wahrscheinlich direkt von der Stärke geliefert wird, welche die jugendlichen Zellen ausfüllt.

Betreffs der normalen Harzbildung sei noch erwähnt: Harz und Gummi treten in der gesunden Pflanze nicht blos als Zellinhalt und in der Zellwandung, sondern auch sehr reichlich in besonderen Gängen auf, von

---

[1]) 57. Jahresbericht d. schles. Ges. f. vaterl. Kultur, Breslau 1830, S. 302.

[2]) Uloth: Ueber Pflanzenschleim und seine Entstehung in der Samenepidermis von Plantago maritima etc. Flora 1875, Nr. 13.

denen N. J. C. Müller[1]) nachweist, daß sie wirkliche Intercellulargänge sind. Bestimmte Zellgruppen weichen auseinander; die den entstandenen Gang umkleidenden Zellen bilden Tochterzellen, deren regelmäßige Anordnung eine charakteristische Auskleidung der Gänge (echte Harzgänge) darstellt. So zeigt z. B. unsere Fichte in den jüngsten Spitzen den Anfang des Harzganges als einen Intercellulargang, der dadurch entstanden ist, daß 4 größere Rindenzellen auseinander weichen, wobei sie die umgebenden zusammendrücken. Jede dieser vier Grenzzellen des neu entstandenen Zwischenzellraumes erscheint später durch eine radiale Scheidewand getheilt. In den so entstandenen 8 Tochterzellen treten nun wieder Tochterzellen auf, deren Wandungen die ursprünglichen Zellen tangential in mehrere theilen, und so ist jetzt der charakteristische Zellenkranz entstanden, welcher den fertigen Harzgang auskleidet. Dieselbe Bildung findet bei den Kiefern und eine ähnliche bei den das Mastixharz liefernden Therebinthaceen statt. Die Zellen der Umgebung eines solchen Harzganges zeigen schon tropfenförmiges Harz in ihrem Innern, bevor noch die einzelnen Harzgänge dasselbe aufweisen. Auch die Markstrahlzellen zeigen Harztröpfchen und daneben kleinkörnige Stärke, welche auch in anderen Geweben vorkommt und von denen zur Ruhezeit des Baumes sich einzelne Körnchen mit Harzüberzug erkennen lassen.

Die Harzbildung, so wenig wie die Gummibildung, sind an bestimmte Gewebe gebunden. So findet man Harz und Gummi (und Oel) in kleinen Tropfen in Markstrahlen, im Kork, in Holzzellen, Gefäßen und selbst im cambialen Gewebe.

Nicht so verhält es sich mit der uns überall entgegentretenden Wachsbildung im Pflanzenreiche. Wir finden das Wachs als Ueberzug der meisten der Luft ausgesetzten Pflanzentheile, die noch eine unverletzte Epidermis haben. Durch den Wachsüberzug werden die Früchte und Blätter vor der direkten Einwirkung des Wassers geschützt. Wie Karsten[2]), Wigand[3]) und Uloth[4]) schon früher nachgewiesen, ist das Wachs nicht als Zellinhalt zu finden, sondern es tritt in der Zellmembran auf und zwar entsteht es, wie das Harz und Gummi, an den Orten, wo es sichtbar wird, und wandert als solches nicht mehr. Wie de Bary[5]) später bekannt gemacht, findet es sich sowohl als Einlagerung in der Cuticula und den Cuticularschichten als auch in Form einer

[1]) N. J. C. Müller: Untersuchungen über die Vertheilung der Harze, ätherischen Oele und Gummiharze &c. Pringsheim's Jahrbücher f. wiss. Bot. 1866—67, S. 387.

[2]) Karsten: Ueber die Entstehung des Harzes, Wachses, Gummi und Schleims durch die assimilirende Thätigkeit der Zellmembran. Bot. Zeit. 1857, S. 313.

[3]) Wigand: Ueber die Deorganisation der Pflanzenzelle. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. III, S. 115 ff.

[4]) Uloth: Ueber Wachsbildung im Pflanzenreiche. Flora 1867, Nr. 25 u. 26.

[5]) de Bary: Ueber die Wachsüberzüge der Epidermis. Bot. Zeit. 1871, S. 593.

stäbchenförmigen oder körnigen Auflagerung auf diesen Schichten. Bevor der Wachsüberzug äußerlich auf den Epidermiszellen wahrnehmbar wird, zeigt sich bereits die Einlagerung in den Cuticularschichten und eine solche Einlagerung von Wachs findet auch bei denjenigen Oberhautzellen statt, die überhaupt sich niemals mit einem wahrnehmbaren Ueberzuge bedecken.

Eine wenige Jahre nach de Bary's Untersuchungen folgende Arbeit von Wiesner[1]) beschäftigt sich mit der chemischen Natur der Wachsüberzüge und findet, daß alle von de Bary in Betracht genommenen Ueberzüge (nämlich die blos im heißen Alkohol leicht löslichen, unter 100° C. schmelzenden) bei der trocknen Destillation sowohl, als auch bei Erwärmung mit wasserfreier Phosphorsäure (oder saurem schwefelsaurem Kali), den charakteristischen Geruch des Acroleins geben. Dies beweist die Anwesenheit von Glyceriden und führt in Gemeinschaft mit dem Nachweis der Doppelbrechung aller geformten Wachsüberzüge (also aller mit Ausnahme der Glasur) zu dem Schlusse, daß diese Ueberzüge krystallinische Fetteffloreszenzen, beziehungsweise krystallinisch gefügte Krusten von Glyceriden, freien Fettsäuren und wachsartigen Substanzen sind. Schon früher wurden die Glyceride der Stearin-, Palmitin-, Laurin- und Myristinsäure im Pflanzenwachse aufgefunden und diese festen, fetten Säuren und deren Glyceride sind durchweg krystallinisch. In manchen Wachsarten, wie z. B. in dem von Copernicia cerifera, Klopstockia cerifera und Ceroxylon andicola treten auch harzige Substanzen auf.[2]) Auch die Wachskrusten, also die einen geschichteten Bau zeigenden Ueberzüge, ebenso wie die feinen Körnchen der reifartigen Bedeckungen sind nach Wiesner wohl ohne Zweifel krystallinischer Natur. Ferner fand derselbe Forscher, daß auch die goldgelben und weißen, in kaltem Alkohol schon leicht löslichen Ueberzüge der Wedelunterseite bei den Gymnogrammen aus gekrümmten Wachs- oder richtiger Fettkrystallen bestehen. Statt des Namens „Wachsüberzug" wäre nun überhaupt „Fettüberzug" richtiger. Von diesen zu den Harzüberzügen sind vermuthlich Uebergänge vorhanden.

Die Entstehung aller dieser Ueberzüge wird man sich in der Weise denken können, daß die Fette in Form von Lösungen die Zellwand verlassen und sich entweder in Form von Krystallen (Stäbchen) oder in Form einer die gleichen Löslichkeitsverhältnisse zeigenden strukturlosen Schicht (Glasur) außen ansetzen. Am Grunde der Ueberzüge, also der Membran am nächsten, werden neue Massen in flüssiger Form hervortreten und ein basales Wachsthum der Schichten ermöglichen. So erklärt sich die von de Bary gemachte Beobachtung, daß die Glasurschicht von Kerria dem Dickenwachsthum der Internodien folgt.

Daß bei der Bildung der Wachsüberzüge ebenso gut, wie bei der Harz- und Gummibildung Fälle vorkommen, in denen die Cellulosemembran selbst in den Fettbildungsprozeß hineingezogen wird, scheint mir aus Karsten's[3]) Angabe hervorzugehen, daß bei Klopstockia die ganze Schicht der Oberhautzellen in heißem Alkohol löslich ist. Diese in Alkohol löslichen Zellen ergaben bei der Analyse eine ähnliche Zusammensetzung wie sie Boussingault für das Wachs von Ceroxylon andicola Humb. et Bonpl. fand.

---

[1]) Wiesner: Ueber die krystallinische Beschaffenheit der geformten Wachsüberzüge pflanzlicher Oberhäute. Bot. Zeit. 1876, Nr. 15.

[2]) Karsten: Ueber die Entstehung des Harzes, Wachses, Gummis und Schleims durch die assimilirende Thätigkeit der Zellmembran. Gesammelte Beiträge, Berlin 1865, S. 298.

[3]) Vegetationsorgane der Palmen. Gesammelte Beiträge, S. 107 u. Anmerkung.

Einzelne Verflüssigungsprodukte, zu deren Bildung die Zellwandungen beitragen und die entweder direkt aus einer Art Gummi oder Harz oder aus Mischungen beider bestehen, finden sich in verschiedenen Produkten des Handels. Hierher gehört zunächst das Traganth, von dem Kützing [1]) zuerst den Bau erkannt und Mohl [2]) denselben richtig als eine Umbildung des dickwandigen Zellgewebes des Markkörpers und der Markstrahlen von Astragalus-Arten gedeutet hat. Ferner reihen sich als Auflösungsprodukte der Zellwand [3]) hier an die Gummiharze Bdellium, Myrrha, Weihrauch, Opopanax, Ammoniacum, Asa foetida. Diese bestehen aus Bassorin, Harz, Arabin und fettem Oele, wobei sich das Harz in den zu Gummi verwandelten Zellmembranen eingeschlossen zeigt. Karsten, der besonders auf die Arbeit aufmerksam macht, welche die Zellwand als assimilirendes Organ im Leben der Zelle spielt, führt noch weitere Beispiele von Desorganisationsprodukten an, wie das Viscin, das die Pollenmassen der Orchideen mit einander verklebt; das Viscin der Mistel und anderer Loranthaceen ist eine Vereinigung der zu gallertartigem Schleim umgewandelten Membran einer Gewebezelle mit dem als Zellinhalt vorhandenen, fetten Oele. Der Balsam der Copaifera ist ein Mischungsprodukt der löslich gewordenen Zellwand mit dem ätherischen Oele, welches den Zellinhalt bildet.

Wenn wir die angeführten Beispiele über das Vorkommen von Harz und Gummi im Pflanzenreiche uns noch einmal vergegenwärtigen, so werden wir jetzt die Ueberzeugung gewonnen haben, daß beide Stoffe ganz normal in den verschiedensten Geweben zunächst als Zellinhalt auftreten können. Ebenso normal, d. h. unter den gewöhnlichen Lebensbedingungen der Pflanze an jedem Individuum sich alljährlich ohne Nachtheil für das Gesammtgedeihen wiederholend, bemerken wir Gummi, Harz und Wachs in den Membranen der Zellen.

Als Träger und Erzeuger des Wachses stellen sich die Cuticularschichten, als Lager- und Entstehungsstätte für Harz und Gummi die nicht cuticularisirten Theile der Zellmembran dar. Von letzteren beiden Stoffen wissen wir, daß die Verharzung und Gummifizirung unter Umständen die ganze Zelle sammt ihrem Inhalt ergreifen kann. Die Zelle wird desorganisirt. Auch dieser Vorgang ist normal, so lange er an bestimmte Organe gebunden erscheint. Diese Organe sind Anhangsgebilde schnell vergänglicher Art, wie die Leimzotten bei den Knospen der Laubbäume. Diese Zotten, grade so wie andere haarartige Bildungen an fertigen Laubblättern (Birnenblättern) scheinen diejenige Arbeit für das sie tragende Organ zu übernehmen, wie die Blätter für den Stamm, d. h. die Assimilation zur Heranbildung des Trägers. Bei den Zotten, die zunächst als Assimilationsorgane der Knospenschuppe dienen

---

[1]) Grundzüge der philos. Bot. I. S. 203.
[2]) v. Mohl: Bot. Zeit. 1857. S. 33.
[3]) Nach Wigand a. a. O.

mögen und die durch ihre Desorganisation den Knospenleim, die schützende Decke für die Knospe bilden, kann man diesen Auflösungsprozeß ebenso wenig eine Krankheit der ganzen Pflanze nennen, wie die Bildung von Harz und Gummi als Zellinhalt. Es sind jährlich sich wiederholende Entwicklungserscheinungen des gesunden Pflanzenlebens.

Als eine ebenso normale Erscheinung ist schließlich die „Bildung von Wundgummi" zu betrachten. Man versteht darunter die durch Gummi bewirkte Verstopfung der Lumina von Gefäßen und Holzzellen bei unsern Laubbäumen an Wundstellen des Holzkörpers. Wenn man z. B. einen älteren Aststumpf betrachtet, bemerkt man eine mehr oder weniger tiefgehende Braunfärbung des Holzkörpers, der, obgleich jung, den Charakter des Kernholzes annimmt. In der That haben die Versuche von Gaunersdorfer gezeigt,[1]) daß die Veränderungen des vertrocknenden Holzkörpers an Wundflächen und die normale Kernholzbildung im Wesentlichen übereinstimmende Vorgänge darbieten. Als Kern bezeichnet man in der Regel denjenigen innern Holzcylinder, der in Folge des Alters durch Ablagerung von Farbstoffen eine dunkle Färbung annimmt, wie dies bei Eichen-, Nuß- und Ebenholz beispielsweise in ganz auffälliger Weise sich zeigt. Es tritt dabei eine Verstopfung der Gefäße und der meisten übrigen Elemente ein. Diese Ausfüllung ist bei einigen Gehölzen in den Tracheen durch Thyllenbildung[2]) vor sich gegangen (Juglandeen, Ampelideen); sie erfolgt in andern Familien durch Auftreten gummiartiger Massen (Rosifloren, Berberideen)[3]) oder es lagert sich kohlensaurer Kalk auf den Wandungen im Innern der trachealen Gewebepartien ab[4]) (Ulmus, Celtis, Fagus). Die einzelnen Ausfüllungsvorgänge schließen einander ziemlich aus, so daß jeder für gewisse Familien ausschließlich oder doch vorherrschend charakteristisch bleibt. So fand z. B. Molisch, daß die Gummi oder Harz als Füllmasse aufweisenden Familien (Amygdalaceen, Papilionaceen, Elaeagneen, Ebenaceen, Coniferen) einen Kalkausguß der Gefäße und Holzzellen nicht erkennen lassen.

Am reichlichsten vertreten ist der Vorgang der Ausfüllung der Gewebeelemente durch Gummi; indeß ist dieses Gummi wesentlich von dem aus den Bäumen ausfließenden verschieden; denn es ist in Wasser unlöslich und nicht einmal quellbar und wird daher von manchen Forschern auch nicht als Gummi angesprochen. Von Th. Hartig wurde der die dunklere Färbung und größere

---

[1]) Gaunersdorfer: Beiträge zur Kenntniß der Eigenschaften und Entstehung des Kernholzes. Sitzungsber. d. Akad. d. Wiss. Wien, Januarheft 1882.

[2]) Bot. Zeit. 1845, S. 225 — Böhm in Bot. Zeit. 1877.

[3]) Böhm: Ueber Funktion und Genesis der Zellen in den Gefäßen des Holzes. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien. Bd. LV. 1867.

[4]) Molisch: Ueber die Ablagerung von kohlensaurem Kalk im Stamme dicotyler Holzgewächse. Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien. Bd. LXXXIV. 1881.

Schwere und Härte des Kernholzes hervorrufende Stoff „Xylochrom“ oder Kernstoff genannt.[1])

Wie mir scheint, ist ein stärkerer Luftzutritt zu den durch eine Wundstelle bloßgelegten Holzelementen nöthig, wenn sich die Verstopfungserscheinungen schnell bilden sollen. Wenigstens spricht dafür die Beobachtung von Frank[2]), daß Gummipfropfen in den Gefäßen und Holzzellen der Blattspurstränge unterhalb der Blattnarben gefunden werden, während an kleinen, durch eine zusammenhängende Wundkorkplatte geschützten Zweignarben diese Bildung fehlt. Die Jahreszeit, in welcher die Verwundung ausgeführt wird, ist ebenfalls von Einfluß; denn Gaunersdorfer fand, daß über Winter belassene Zweigstummel nur auf kurze Strecken vertrocknet waren und keine Kernholzbildung zeigten, während bei im Frühjahr abgenommenen Zweigen das Holz sich nach wenigen Monaten zu bräunen begann. Indeß ist die Individualität des Baumes, ja sogar des einzelnen Zweiges hierbei ausschlaggebend, da die Bräunung selbst bei gleicher Behandlung an verschiedenen Zweigen in verschiedenem Maaße sich einstellt. Frank konnte an einjährigen Kirschzweigen schon nach 8—10 Tagen auf dem Querschnitt die Membranen der Holzzellen, sowie die Markstrahlen bräunlich gefärbt erkennen. Die Färbung rührte von kleinen, braunen, theils an der Zellwand sitzenden, theils um die Stärkekörner herumgelagerten Körnchen her. Allmählich stellte sich dann die Ausfüllung der Gefäßlumina durch Gummi ein, das meist in Tropfenform auftritt und das nach Frank auch in einigen Gefäßen durch Thyllenbildung vertreten war.

Daß diese Ausfüllungsmassen zunächst für die Pflanze den Vortheil gewähren, als Schutzvorrichtung gegen das Weitergreifen der schädlichen, atmosphärischen Einflüsse zu wirken, wie jetzt von den Forschern ausschließlich betont wird,[3]) mag nicht geläugnet werden; daß sie trotzdem aber das Einleitungsstadium eines leicht zur Wundfäule führenden Humifikationsprozesses sind, ist eine Meinung, der ich mich nicht verschließen kann.

Durch den Nachweis, daß die Ausfüllungssubstanz eben nicht im Wasser löslich oder zu Schleim quellbar ist und daß sie aus einer Fuchsinlösung den Farbstoff speichert, sowie, daß sie durch Phloroglucin und Salzsäure gradeso wie die verholzte Zellmembran intensiv roth gefärbt wird (Frank) ist allerdings die Behauptung Hartig's, die Füllsubstanz wäre aufgetrocknete Humuslösung, hinfällig; aber daß diese Substanz leicht im späteren Alter zur Humifikation neigt, kann nicht in Abrede gestellt werden. In dieser Beziehung er-

---

[1]) Allgem. Forstzeitung 1857.

[2]) Frank: Ueber Gummibildung im Holze und deren physiologische Bedeutung, cit. Bot. Centralbl. 1884, Nr. 46, S. 195.

[3]) Temme: Ueber Schutz- und Kernholz, seine Bildung und seine physiologische Bedeutung. Landw. Jahrb. XIV. 1885. S. 480.

wähnenswerth ist die Angabe von Molisch[1]) über die echten Ebenhölzer. Die sämmtlichen Elemente derselben werden im Kern total von gewöhnlich dunkel gefärbten Inhaltskörpern erfüllt. Wie die Entwicklungsgeschichte lehrt, führen diese Elemente während ihrer Jugend im Splintzustande Gummi, welches im trachealen System auftritt und den innern Zellwandschichten seine Entstehung verdankt. Erst später, bei Eintritt eines langsamen Verwesungsprozesses bei der Kernholzbildung wird das Gummi in humusartige Körper umgewandelt. Die Inhaltskörper des Ebenholzes sind demnach das Humifikationsprodukt jenes Gummis, welches die Elemente des Splintes erfüllte.

Im Vorstehenden spricht sich Molisch dahin aus, daß die inneren Zellwandschichten das Material für das Gummi liefern und diese Anschauung ist auch früher von andern Forschern getheilt, aber neuerdings verlassen worden. Jetzt sprechen sich Frank und Gaunersdorfer dahin aus, daß Stärke und andere Reservestoffe in der Umgebung der Gefäße in ihren übertretenden Lösungsprodukten die Ausfüllungsmassen bilden. Ich glaube, daß beide Vorgänge gemeinschaftlich vorhanden sind und daß auch die Membranen an der Bildung der Gummimassen schließlich theilnehmen. Es ist zuzugeben, daß die meisten Bilder sich derart zeigen, daß die Ausfüllmasse einer scharf contourirt bleibenden, innern Membranfläche aufliegt; jedoch findet man bestimmt auch Fälle, in denen die secundäre Membran an der Verstopfung durch Quellung sich betheiligt und direkt in die Gummimasse übergeht. Auch Gaunersdorfer sah bei Diospyros virginiana und Syringa vulgaris kleinere oder größere Parthien der Gefäßmembranen zerstört. Wenn wir eine Beobachtung von C. Kraus[2]) hinzunehmen, der an blutenden Weinreben sah, daß nach der Abscheidung wasserhellen Saftes alsbald gelbliche bis rothbraune, an der Luft schnell erhärtende, dickflüssige Tropfen aus den Gefäßen traten, so dürfte sich die Bildung des Wundgummi's in folgender Weise darstellen. Es wird durch Wunden sowohl als auch schon durch große Spannungsdifferenzen (Frost) ein Uebertritt von harzartigen oder gummosen, bei den verschiedenen Pflanzen verschieden zusammengesetzten Stoffen aus den umgebenden Zellen in die Gefäßröhren eingeleitet, welche an und für sich schon schwerlich reines Wasser, sondern organische und zwar theilweis gummose Massen führen dürften. Es scheint dies aus den Untersuchungen von Blutungssäften hervorzugehen. Die flüssigen Stoffe in den Gefäßen erhärten sehr leicht und bilden eine Füllmasse, welche, wenn die Gefäßmembran nicht schon primär durch den Wundeinfluß irritirt wird, bei längerer Auflagerung durch ihre wahrscheinlich sich entwickelnde Fermentwirkung die Membran angreifen. Bei ungehindertem Zutritt von Luft und

[1]) Oesterreich. bot. Z. 1879. S. 378.

[2]) C. Kraus: Ueber Ausscheidung der Schutzholz bildenden Substanz an Wundflächen. Berichte d. deutschen botan. Gesellsch. v. 8. Oktober 1884.

Wasser in den Anfangsstadien des Verstopfungsprozesses werden Vermoderungserscheinungen oder Wundfäule und dgl. Zersetzungsprozesse eingeleitet. Kann die Verstopfung der Gefäße und Zellen bei trockener Witterung langsam vor sich gehen, dann macht sie das Gewebe zu wirklichem Schutzholz. Aehnliche Füllmassen sah Arthur Meyer[1]) auch in den geöffneten Tracheen fleischiger Rhizome monocotyler Pflanzen. (Veratrum.) Bei diesen Rhizomen, sowie bei Aconitum und Symphytum findet sich eine eigenthümliche Metamorphose der Wandungen der Parenchymzellen, welche die schwarze, dünne Bekleidung der Pflanzentheile bilden. Es ist keine Verkorkung, sondern eine die Korkbildung vertretende Metamorphose in eine Substanz, welche weder in Alkohol, noch in heißer Kalilauge oder Chloroform löslich ist und der Schwefelsäure länger als die Holzsubstanz widersteht. Diese Schutzschicht der Rhizome nennt Meyer das „Metaderma".

Als Begleitserscheinung tritt dieser Prozeß der Wundgummibildung bei den eigentlichen Verflüssigungskrankheiten auf, von denen wir zunächst den Gummifluß betrachten.

b) Der Gummifluß (Gummosis).

(Tafel XIX.)

1. Gummifluß der Kirschen.

Der Gummifluß ist eine weitverbreitete, der Familie der Steinobstgehölze vorzugsweise eigenthümliche Krankheitserscheinung, die durch sehr verschiedenartige Ursachen hervorgerufen werden kann. In den wärmeren Klimaten verfallen die ächten Akazien der Verflüssigungskrankheit und liefern das Gummi arabicum.

Namentlich sind es bei uns die Kirschen, welche am häufigsten an Gummifluß leiden. Wir sehen bald hellgelbe, durchsichtige, bald braune, trübe, feste Massen über einen Theil der Rinde eines Zweiges oder Stammes ergossen. Diese Massen sind in kochendem Wasser löslich, in Weingeist unlöslich, unkrystallisirbar, geben mit verdünnter Schwefelsäure gekocht einen gährungsfähigen Zucker und liefern, mit Salpetersäure behandelt, Schleimsäure, sind also ein Glied jener Gruppe, welche die organische Chemie mit Gummi bezeichnet. Je nach ihrer Quellbarkeit in Wasser hat man verschiedene Arten von Gummi unterschieden; das in kaltem Wasser vollständig lösliche Gummi hat man als Arabin eingeführt; das in Wasser zu einer klebenden Gallerte aufquellende Traganthgummi ist ein Repräsentant der Bassoringruppe und als Cerasin wird die Modifikation des Bassorin angesprochen, die in

[1]) Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft. 1884, Heft 8, S. 375.

kochendem Wasser löslich ist. Das Gummi der Kirschen und Pflaumen ist ein Gemisch von Arabin und Cerasin.[1])

[1]) Fremy[1]) betrachtet das arabische Gummi als eine chemische Verbindung einer sehr schwachen, in Wasser löslichen Säure, der Gummisäure mit Kalk. Die Gummisäure kann durch Einwirkung von Hitze (160°) und von concentrirter Schwefelsäure in Wasser unlöslich werden und dann die isomere Metagummisäure darstellen. Grade so, wie die lösliche Gummisäure kann auch diese unlösliche Modifikation mit Kalk ein Kalkgummat herstellen, welches alle chemischen Eigenschaften des Gummi theilt. Das lösliche Kalkgummat (also das gewöhnliche Gummi) kann durch Hitze in den unlöslichen metagummisauren Kalk verwandelt werden, der durch den Vegetationsprozeß oder durch kochendes Wasser seine Löslichkeit wieder erlangt. Der metagummisaure Kalk soll den in kaltem Wasser nur quellenden, nicht löslichen Theil des Kirschgummi liefern. Die Gummisäure entspräche somit der Arabinsäure, die in Verbindung mit Kalk den löslichen Bestandtheil des Kirschgummi darstellt; der metagummisaure Kalk entspräche dem Bassorin und Cerasin, die in Arabin sich allmählich verwandeln können.

Diese von den chemischen Lehrbüchern aufrecht erhaltene Ansicht, daß Gummi eine Verbindung der Gummisäure oder Arabinsäure mit Kalk sei, ist durch Frank's Untersuchungen[2]) sehr in Frage gestellt worden. Derselbe fand nämlich, daß das Gummi keine chemische Verbindung mit Kalk sei, da demselben der wesentliche Charakter solcher Verbindungen, nämlich die Vereinigung nach festen Verhältnissen abgeht. Es gelang Frank, an sowohl den Zellinhalt bildenden, als auch der Zellmembran angehörenden Gummaten zu zeigen, daß sie von anorganischen Beimengungen fast bis zur völligen Reinheit befreit werden können, ohne ihren Charakter zu verlieren. So ließ sich z. B. der Aschengehalt des Traganths, das viele Verwandtschaft mit Kirschgummi hat, bis fna 0,63% herabmindern, ohne daß dadurch die Eigenschaften desselben im Wesentlichen geändert wurden. Frank sieht daher für alle Körper, welche in das Bereich der Pflanzenschleime fallen, einen Eintheilungsmodus nicht in ihrer Quellbarkeit oder Löslichkeit in Wasser, sondern in ihrem Verhalten zu Salpetersäure. Alle diejenigen Schleime, welche, mit Salpetersäure behandelt, Schleimsäure (meist neben Kleesäure) liefern, rechnet er zu den Gummiarten. Diese Körper werden durch Jod und Schwefelsäure nicht blau, während solche Cellulosereaktion bei denjenigen Schleimen eintritt, welche mit Salpetersäure keine Schleimsäure, sondern nur Kleesäure liefern; Letztere werden daher zu den Cellulosen gerechnet, so verschiedenartig auch ihr Verhalten zu Wasser sein mag. So müssen wir z. B. den Salepschleim, welcher in einzelnen Zellen der Orchisknollen vorkommt, zu den Cellulosen rechnen, da er mit Jod und Schwefelsäure violett bis blau wird und durch Behandlung mit Salpetersäure nur Kleesäure liefert. Ebenso verhält sich der Quittenschleim, welcher als Bestandtheil (sekundäre Membran) der Außenwand der Oberhautzellen der Quittenkerne auftritt; der Leinsamenschleim dagegen, der ebenfalls Bestandtheil der Zellwand der Oberhautzellen ist, liefert mit Salpetersäure außer Kleesäure auch noch Schleimsäure und ist somit zu den Gummiarten zu rechnen. Ein anderes Gummi nach obiger Definition ist der Eibischschleim, der als Zellinhalt im Parenchym aller Organe, namentlich aber des Wurzelstockes von Althaea officinalis L. auftritt. Aber nicht blos als Zellinhalt, wie bei den Malvenarten und nicht blos als quellender Bestandtheil der Zellwand, wie bei den Leinsamen und Flohsamen (Plantago Psyllium), sondern auch in größeren Intercellulargängen findet sich das Gummi, wie bei den Sagopalmen (Cycadeen) und bei den Linden.

[1]) Compt. rend. t. L. S. 124, cit. in Jahresb. der Agrik.-Chemie III. 1860—1861, S. 60.

[2]) Frank in Erdmann's Journal Bd. 95, S. 479, cit. in Jahresber. f. Agrik.-Chemie 1865, S. 93.



Verlag von PAUL PAREY in Berlin.



Aus den erörterten Gründen läßt sich diese Eintheilung nicht gut beibehalten. Dieselbe ist nur erwähnt, weil sie in chemischen Lehrbüchern noch die herrschende ist und ein Theil der den Gummifluß direkt behandelnden Arbeiten noch jene Auffassung theilt.

Die eingehendsten Untersuchungen über Gummifluß verdanken wir Wigand[1]) und A. B. Frank[2]), die die Krankheit namentlich an Kirschbäumen studirt haben. Hier zeigen sich zunächst mitten im normalen Holzkörper einzelne Gefäße, welche gänzlich mit Gummi angefüllt sind (Taf. XIX. Fig. 2 a) und zwar hat sich dasselbe zum Theil schon aus der sekundären Gefäßmembran gebildet. Durch Behandlung mit Salzsäure, welche die Holzzellen- und Gefäßwandungen, sowie die eigentlichen Bastzellen leuchtend carminroth färbt, erkennt man den Uebergang der noch rothen Gefäßwand in das gelbe, hier tropfenförmig aufsitzende Gummi sehr leicht. Diese Erscheinung ist häufig nur Vorläufer oder Begleiter einer viel tiefer eingreifenden Gummibildung, wodurch große Gummidrusen im Holz und in der Rinde entstehen.

Schon an einjährigen Zweigen gelingt es, die ersten Spuren des Gummiflusses zu entdecken. Bei Durchmusterung feiner Querschnitte, an denen sich die Gummosis nur durch Auftreten eines äußerst kleinen, schwarzen Punktes dem bloßen Auge kenntlich macht, zeigen sich bisweilen hellere Stellen im Holzkörper, die bei genauerer Untersuchung aus parenchymatischen, anstatt aus prosenchymatischen Zellen zusammengesetzt sind. Dieses abnorme Holzparenchym (Taf. XIX. Fig. 2p) ist meist von dem normalen Holzkörper eingeschlossen, der es auch vom Cambium (Fig. 2 c) abgrenzt. In der Regel sind diese helleren Stellen, welche parallel der Peripherie und meist getrennt durch dünne, radiale Streifen normalen Holzes nebeneinander gelagert sind, in verschiedenen Entwicklungsstadien. Einige sind vollständig unversehrt, andere zeigen bereits die Zellen in der Mitte zu Gummi umgewandelt; in einzelnen ist schon das ganze abnorme Parenchym und ebenso das feste, normale Holz in vollständigem Uebergange zu Gummi (Fig. 2 d). Es wird dabei die Intercellularsubstanz zuerst aufgelöst; dann folgt die primäre und endlich die sekundäre Membran der Gefäße und Holzzellen. In solchen größeren Gummidrusen tritt ein eigenthümlicher Vorgang von Wachsthum einzelner Zellelemente neben der gleichzeitigen Auflösung der übrigen ein. Während nämlich die Holzzellen und Gefäße der Gummifizirung unterliegen, wachsen zunächst einzelne Markstrahlzellen etwas in die Länge; die Stärke, welche sie enthalten, wird aufgelöst; in einigen bemerkt man hier und da zwei neue Zellen entstanden, die sich in divergirenden Richtungen verlängern. Die mehr nach innen liegenden, vom Gummiheerde etwas

---

[1]) A. a. O.

[2]) Ueber die anatomische Bedeutung und die Entstehung der vegetabilischen Schleime. Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. V. 1866–67, S. 161 ff.

entfernteren Markstrahlzellen runden sich ab und verlängern sich ebenfalls und so entstehen zahlreiche Fäden, welche Aehnlichkeit mit manchen Algen (Chroolepus) haben (Fig. 2 m) und welche frei in die Gummimasse hineinwachsen. Allmählich verfallen auch diese Fäden der Gummosis; auch sie werden von außen nach innen aufgelöst, was jedoch nicht in bestimmter Reihenfolge stattfindet. Manchmal sieht man die Zellen an der Spitze des Fadens bis auf einen dünnen Ueberrest der Wandung verflüssigt; in anderen Fällen sind Zellen an der Basis aufgelöst und es liegt dann das freigewordene Fadenstück isolirt in der Gummimasse.

Ganz ähnliche Vorgänge zeigen sich in der Rinde, deren dickwandige Bastzellen (Taf. XIX. Fig. 2b) sehr leicht der Gummosis unterliegen. Die Anfänge der Gummibildung sind in der Rinde häufiger anzutreffen, als im Holze; in seltenen Fällen nur habe ich die ersten Anfänge im Cambium selbst gefunden, und zwar bei Pfirsich mehr wie bei Kirsche.

Wo aber auch immer die ersten Anfänge sich zeigen mögen, stets ist das Uebel bei weiterem Umsichgreifen gefährlich. Im Holz entstandene Gummifizirung theilt sich bald dem Cambium und der Rinde mit; bei weiterer Ausdehnung in der Rinde, die wohl den größten Theil des nach außen tretenden Gummi liefern mag, bleibt für die Folge auch das Cambium nicht unversehrt.

Das Endresultat ist im Wesentlichen dasselbe. An einer Stelle des Stammumfanges ist das Cambium vernichtet und der schon gebildete Holzkörper mehr oder minder krank. Eine stets weiter fressende Wunde ist vorhanden; dieselbe ist aber äußerlich nicht immer kenntlich; denn nicht immer wird eine kranke Stelle durch nach außen getretenes Gummi bezeichnet. Selten oder doch erst sehr spät tritt Gummi nach außen, wenn das Cambium zuerst von der Gummosis ergriffen ist. Es stirbt dann das feste, vorher gebildete Holz nur langsam ab und zwar allmählich mehr nach der Tiefe des Stammes, nach dem Markkörper (Taf. XIX. k) hin, als in der Richtung des Stammumfanges, was von den gleichzeitig mit der Krankheit auftretenden Ueberwallungsbestrebungen herkommt. Ein Fall, der in der Zeichnung bei Fig. 1 dargestellt worden und nicht selten vorkommt, besteht darin, daß der Rindenkörper mit Ausnahme einiger Bastbündel über dem gummosen Holze nicht aufgelöst wird, sondern zusammentrocknet. Dort ist der in der Fig. 2 mit W markirte Raum durch die Rindenelemente (r) überspannt (Fig. 1 g). Die Gummibildung ist dann keine sehr reiche; aber um so reicher tritt das Streben des Baumes hervor, die Wunde zu heilen, was am einjährigen Zweige schon deutlich wahrnehmbar wird. Fig. 1 die einen älteren, gummosen Stammtheil darstellt, zeigt in u die mehrjährigen Ueberwallungsversuche des Baumes; a ist ein abgehender Zweig.

Reichlichere Holz- und Rindenbildung an den der Wunde zunächst liegenden, gesunden Stammtheilen (Taf. XIX. Fig 2 h) machen den Stamm an der

Wundseite dicker, als an der gesunden Seite h' und ober- und unterhalb der Wunde. Wenn die Rinde über der Wunde erhalten bleibt, heben die Ueberwallungsränder (Taf. XIX. Fig. 2 u) die trockene Rinde von dem kranken Holzkörper ab und es bildet sich auf diese Weise eine Höhle, deren hintere Wand von dem der Gummose theilweis anheimfallenden Holz- und Markkörper, deren vordere Wand von der vertrockneten (nicht gezeichneten) Rinde und deren Seiten von den frischen Ueberwallungsrändern u u gebildet werden. Solche Höhle ist ein gesuchter Aufenthaltsort von Insekten und Pilzen.

Aber auch die neugebildeten Ueberwallungsränder bleiben selten intakt. In den meisten Fällen sieht man in dem üppig entwickelten, neuen Gewebe kleine Gummiheerde (Taf. XIX. 2 d'). Zwar sucht die lebendige Rinde die kranke Stelle durch Schichten von Lederkork einzuschließen; allein eine Heilung habe ich nicht bemerken können. Durch dieses Auftreten neuer Gummiheerde im Ueberwallungsgewebe erklärt sich das schwere Schließen der Wunde.

Bevor wir die Frage nach der Heilung des Gummiflusses berühren, ist es nöthig, die Aufmerksamkeit auf die Bedingungen zu richten, unter denen die Krankheit auftritt. Am häufigsten findet man in der Literatur die Ansicht Duhamel's[1]) ausgesprochen, daß Kirschbäume, welche in eine zu kräftige Erde gepflanzt sind, am meisten der Krankheit unterworfen scheinen. Wir sehen diesen Satz für Pfirsich und Kirsche bestätigt, wenn man unter einer zu kräftigen Erde eine thonige verstehen will; auf lockerem, warmem Boden, der sehr reich sein kann, findet sich Gummifluß seltener. Reichlich begegnen wir ferner der Gummibildung bei größeren, ungeschlossenen Astwunden. Ebenso sehen wir dieselbe namentlich bei jungen Pfirsichzweigen auftreten, deren Rinde durch Quetschung oder Reibung stärker verletzt worden ist.

Bei Versuchen, bei denen von einer größeren Anzahl von Kirschbäumen im Frühjahr die sämmtlichen Augen entfernt worden waren, trat mit sehr wenigen Ausnahmen Gummifluß ein. Bei andern Versuchen, bei welchen die Stämme auf eine größere Länge geschält worden waren, erschien an denjenigen oberen Ringelschnittstellen, an denen sich keine Neubildungen in Form von Ueberwallungsrändern gebildet hatten, die Gummosis in der Rinde. Bekannt ist endlich, daß starke Wurzel- oder Kronenbeschädigung bei dem Verpflanzen, sowie auch schlechte Veredlung Veranlassung zum Erkranken geben.

Aus diesen Thatsachen schließen wir, daß Gummifluß dann eintritt, wenn die plastische, zu Neubildungen fähige Säftemasse nicht Heerde genug für Neubildungen vorfindet. Diese Ansicht wird durch den anatomischen Befund bestätigt. Es wurde oben bereits erwähnt, daß die Gummibildung im Holze vorzugsweise durch Gummifizirung eines abnorm gebildeten Holzparenchyms entsteht, welches häufig in solcher Menge angelegt wird, daß der Cambium-

[1]) Duhamel: Traité des arbres et arbustes. 1755 t. I. p. 149.

ring bei einem Stammquerschnitte an dieser Stelle weit über den Umkreis, den er im gesunden Gewebe beschreibt, in radialer Richtung hinausrückt. Wir sehen ferner, daß die Markstrahlzellen in die Gummidrusen fadenartig hineinwachsen, sehen also Zellstreckung und Zellvermehrung neu auftreten an Orten, wo der gesunde Baum diese Prozesse längst abgeschlossen. Wir können dieses abnorme Holzparenchym, welches der Gummosis bestimmt anheimfällt, als Wuchergewebe bezeichnen, das gleichzeitig mit der Anlage des normalen Holzgewebes gebildet wird, da man dasselbe in ganz jungen, noch krautartigen Zweigen auffindet. Als einen durch lokalen Wasserreichthum bedingten Vorgang haben wir die Streckung der Markstrahlzellen aufzufassen, da es feststeht, daß die Zellen sich um so mehr strecken, je mehr Wasser sie zur Verfügung haben.[1]) Dieser Wasserreichthum in Verbindung mit reichlich vorhandenem, plastischem Material verursacht die fadenartigen Neubildungen, die in die Gummidruse hineinwachsen.

Wir werden durch diese Anschauungsweise also zu folgenden Resultaten geleitet: Der Gummifluß ist ein Krankheitssymptom. Die eigentliche Krankheit ist eine lokale Anhäufung plastischer Stoffe bei reichlichem Wasservorrathe, aber nicht genügend vorhandenen oder in ihrer Entwicklung durch andere Ursachen zurückgehaltenen Neubildungsheerden, welche das plastische Material normal verwenden könnten. Die Krankheit kann sehr verschiedene Ursachen haben, wie Beraubung von Knospen (Verbrauchsheerden), größere Verletzungen der ober- und unterirdischen Achse, starke Düngung und Standort des Baumes in schwerem, lange wasserhaltendem, kaltem Boden, wodurch der Baum viel Wasser aufnimmt, viel Reservestoffe gelöst werden, ohne daß eine regelrechte Verarbeitung derselben eintreten kann. Der Baum bildet dann eine größere Menge kürzerer, bedeutend weniger stark verdickter, parenchymatischer Zellen an Stelle von Holzzellen und Gefäßen. Das entstandene Parenchym verwandelt sich in Gummi. Sehr früh und sehr leicht werden die sekundären Membranen der Gefäße und Holzzellen, vorzugsweise aber der Bastkörper von der Gummosis ergriffen. Dabei werden die Reservestoffe theilweis zur Verlängerung und Vermehrung von Markstrahlzellen verbraucht, die endlich auch der Gummifizirung verfallen. Diese abnormen Neubildungen stellen an und für sich einen positiven Substanzverlust dar, der in Verbindung mit der Zerstörung des normalen Holz- und Rindenkörpers eine Schwächung bis zum Tode des Individuums nach sich ziehen kann.

Durch lokale, stärkere Holzbildung an den der Wunde benachbarten, gesunden Stellen und durch spätere Ausdehnung dieses Prozesses über den ganzen Stammumfang in der Wundhöhe sucht der Baum sich auszuheilen. Dieses

[1]) Vergl. die Arbeit des Verf.: Einfluß der Wasserzufuhr auf die Ausbildung der Gerstenpflanze. Bot. Zeit. 1878, Nr. 10.

Bestreben geht in einzelnen Fällen so weit, daß, wenn der ursprüngliche Holzcylinder fast gänzlich abstirbt, der Baum an der kranken Stelle einen neuen ringförmigen, wulstig hervortretenden Holzcylinder bilden kann, dessen Ränder als starke Ueberwallungswülste die Wunden zu decken suchen. Wunde und Ueberwallungsränder können mehrere Jahre von der ursprünglichen Rinde bedeckt bleiben, welche über der Wunde zu einer zähen, straffen Haut zusammentrocknet. Diese Haut, bestehend aus Periderm, Rindenparenchym, gesunden und theilweis gummosen Bastzellen, wird durch die Ueberwallungsränder von der kranken Stelle abgehoben, wodurch, wie gesagt, eine Niststätte für Insekten gebildet wird. Bei starker Holzbildung auf der der Wunde entgegengesetzten Seite des Stammes platzt häufig die Rinde (entgegengesetzt ihrer gewöhnlichen Ablösungsweise bei Kirschbäumen) der Länge nach auf. Dies kann als Anzeige für den künstlich anzubahnenden Heilungsprozeß gelten, der darin besteht, daß man neue Bildungsheerde in Form von Wunden schafft, welche als Längsschnitte durch den ganzen Rindenkörper dem Baume beigebracht werden.

Zur Vermeidung des Gummiflusses wird also die Praxis Bedacht nehmen müssen, möglichst viel Knospen dem Baume zu erhalten, größere Wunden in der Vegetationszeit zu vermeiden und einen lockeren, statt eines strengen Bodens zu wählen. Als Heilmittel wird das Ausschneiden der Wunden bis auf das gesunde Holz und das gleichzeitige Schröpfen des Baumes zu empfehlen sein.

Bei der Leichtigkeit, mit welcher der Gummifluß durch die verschiedenartigsten Umstände in gewissen Gegenden erzeugt werden kann, ist es nicht auffällig, daß auch nach Pilzinfectionen die Krankheit erschienen ist. Für den Gummifluß der Amygdalaceen hat Beyerinck einen Pilz entdeckt, der von Oudemans[1]) den Namen Coryneum Beyerinckii Oud. erhalten hat und von dem letzterer Forscher glaubt, daß er, wenn nicht in allen, doch wenigstens in sehr vielen Fällen die Krankheit einleiten soll und daß sie durch den Pilz „mit vollkommenster Sicherheit von einem kranken Individuum auf ein gesundes übertragen werden kann."

Dieser Pilz wird in der Umgebung der zum Behuf der Infection gemachten Längsschnitte nach erfolgter Erkrankung in Form kleiner, heerdenweis bei einanderstehender, dunkler Polster gefunden und zwar nur an der Oberfläche des bloßgelegten Holzes und des Callus, in beiden Fällen unter dem ausgeflossenen Gummi versteckt. Die entfernter von der Wundfläche hervorbrechenden Pilzpolster ähneln den Gattungen Cladosporium und Macrosporium.

Für den Gummifluß der Acacia-Arten spielt eine andere Art, Coryneum gummiparum Oud. dieselbe Rolle. Dieser Letztere erweist sich als die Knospenform eines Kapselpilzes, Pleospora gummipara Oud.

Geleitet von demselben Gedanken, daß der Gummifluß eine Pilzkrankheit sei, sind schon früher vom Verein zur Beförderung des Gartenbaues in den preußischen Staaten Impfversuche mit dem an Pflaumen- und Kirschbäumen häufigen Polyporus igniarius auf Sauerkirschen gemacht worden; dieselben haben jedoch keinen Erfolg gezeigt.[2]) Aber selbst

[1]) Hedwigia. 1883. Nr. 8, 9 und 11.

[2]) Monatsschrift d. Ver. z. Beförd. des Gartenbaues. Berlin, Parey, 1879. Heft 2, S. 77.

wenn ein positiver Erfolg dagewesen wäre, würden diese Ergebnisse ebenso wenig wie die Beyerinck'schen Impfversuche unsere Anschauung über den Gummifluß als einer symptomatischen Krankheitserscheinung, welche von sehr verschiedenen Ursachen herrühren kann, geändert haben. Es ist im vorliegenden Falle zu berücksichtigen, daß diejenigen Verhältnisse, welche die Vegetation der Pilze und zwar (wie bei dem Acaciengummi) bis zur Ausbildung reifer Fruchtkapseln zulassen, sicher geeignet sind, die Gummosis oft auch schon an ungeimpften Wundflächen zu erzeugen. Eine hierher gehörige Beobachtung machte ich an Schälwunden bei Süßkirschen; der obere, sich stark verdickende Wundrand, der in einem Glascylinder eingeschlossen war, auf dessen Grund sich Wasser befand, hatte in der feuchten Luft mächtige Gummimassen aus dem Ueberwallungsrande ausfließen lassen. Es ist auch ferner noch zu prüfen, ob nicht die Uebertragung vom Gummi allein an den Wundstellen eine fortschreitende Zersetzung des gesunden Gewebes einleiten kann. Bei der später zu erwähnenden Gummose der Citrus ist der Fall der Infection durch Gummiübertragung bekannt. Sehr nahe gelegt ist diese Vermuthung durch den von Wiesner[1]) gelieferten Nachweis eines sich viele Jahre erhaltenden Gummifermentes, das, gleich der Diastase die Guajacharzemulsion bläut und durch Kochen zerstört wird. Bei der Behandlung mit Orcin und Salzsäure tritt nach kurzem Kochen eine rothe oder violette Färbung auf und es scheidet sich ein blauer Niederschlag aus. Im Anfangsstadium der Gummose sieht man nur die Inhalte der Parenchymzellen sich derart färben, woraus zu schließen ist, daß das Ferment im Protoplasma seinen Sitz hat. Das Ferment ist im Gummi der Stein- und Kernobstbäume, im arabischen und andern Gummiarten nachgewiesen worden.

2. Gummifluß der Acacien.

Daß die Bildung des Acaciengummis auf ähnlichen Metamorphosen, wie die des Kirschgummi beruht, bestätigt Möller[2]), der ganz allgemein ausspricht, daß das Gummi der Acacien immer durch Umwandlung der Zellmembran, von außen nach innen fortschreitend, entsteht. Zunächst sind es die Membranen des Parenchyms und der Siebröhren, welche der Auflösung verfallen. (Die zusammengesunkenen Siebröhren bilden Wigand's Hornprosenchym.) Möller beobachtete das Gummi stets als Rindenprodukt und fand, daß dasselbe je nach der Zone, in welcher es entsteht, verschieden ist. Durch die Lösung der Innenrinde entsteht arabisches Gummi, während eine dem Kirschgummi ähnliche, weniger lösliche Form in der Mittelrinde auftritt, was wohl von dem Alterszustande der metamorphosirten Gewebe abhängen möchte.[3])

---

[1]) Wiesner: Ueber ein Ferment, welches in der Pflanze die Umwandlung der Cellulose in Gummi und Schleim bewirkt. Bot. Z. 1885, Nr. 37.

[2]) Möller, Ueber die Entstehung des Acacien-Gummi. Sitzungsber. d. Akadem. der Wissenschaften. Wien, 1875, Juni-Heft.

[3]) Ueber das verschiedene Verhältniß von Cellulose und Gummi zu einander bei verschiedenen Schleimen, vergl. Tollens und Kirchner: Untersuchungen über den Pflanzenschleim, cit. Biedermann's Centralbl. 1875, II, S. 28.

Betreffs der Bildung einer eigenthümlichen Zuckerart, galactose, aus allen in Wasser löslichen Schleimen bei Behandlung mit verdünnter Säure, s. Gireaud: Etude comparative des gommes et des mucilages. Compt. rend. LXXX, S. 477.

Peter Claessen: Ueber Arabinose, cit. Jahresber. f. Agrikulturchemie. 1881, S. 88.

Als eine der Ursachen, welche den Ausfluß von Senegalgummi aus Acacia Verek veranlassen, erwähnt Martins[1]) die Einwirkung trockner Wüstenwinde, welche im Herbst und Winter wehen und die durch die August- und Septemberregen gelockerte Rinde der Acacie zum Aufreißen bringen. Andere Wundstellen, welche die Ergießung von Gummi zur Folge haben, werden durch einen Schmarotzer, den Martins Loranthus senegalensis nennt, veranlaßt.

Daß diejenigen Pflanzen, deren Gewebe überhaupt der Gummosis erliegen kann, nicht nur eine solche krankhafte Gummibildung im Stamm allein aufweisen werden, ist eigentlich von vornherein wahrscheinlich. Thatsächlich ist sie auch leicht bei den Früchten der Pflaumen und der anderen Amygdalaceen zu beobachten. In der Regel sind es wasserklare Gummitröpfchen, die an dem Fruchtfleisch aus Wunden, die von Insekten herrühren, hervortreten. Manchmal kann man keine Insektenverletzung erkennen; es sind härter gebliebene, meist etwas abgeflachte Stellen, welche ein Gummitröpfchen tragen. Im Innern der Frucht erkennt man unter der Abflachung einen größeren Gummiheerd. Bei Pflaumen sah ich auch Gummifikation des Steines an der Nahtfläche auftreten, so daß bei geringem Druck die Hälften auseinander fielen.

3. Gummifluß der Pomeranzen.

Man würde sich täuschen, wenn man glauben wollte, daß die Gummosis auf die bisher genannten Familien beschränkt wäre. Grade in neuerer Zeit sind mehrfache Beobachtungen veröffentlicht worden, aus denen ersichtlich ist, daß die Gummibildung bei Pflanzen der verschiedensten Familien auftritt. Als Beispiel dafür muß in erster Linie der Gummifluß der Pomeranzen genannt werden.

Die italienischen Kulturen von Pomeranzen- (Citrus vulgaris), Citronen- C. Limonum) und Apfelsinenbäumen (C. Aurantium) leiden seit Jahren an einer immer mehr an Ausdehnung gewinnenden Krankheit, dem „mal della gomma" der Italiener, welche derartige Beschädigungen verursacht, daß nach Novellis[2]) das italienische Ministerium für Ackerbau und Handel eine Prämie von 25 000 Lire für ein bewährtes Heilmittel ausgesetzt hat.

Die Krankheit beginnt mit dem Auftreten schwarzer, schnell sich vergrößernder Rindenfleckchen am Stamme und an den Aesten, namentlich an deren Gabelungen. Nach einiger Zeit platzt die geschwärzte Rindenstelle und aus der Wundfläche ergießt sich eine gelblich-weiße Flüssigkeit, die allmählich

---

[1]) Martins: Sur un mode particulier d'excrétion de la gomme arabique produite par l'Acacia Verek du Sénégal. Compt. rend. 1875. I, S. 607. Kiliani: Ueber arabisches Gummi. Berl. chem. Ges. cit. Jahresber. f. Agrikulturchemie. 1882. S. 88.

[2]) Novellis, Ettore de: Il male della gomma degli agrumi, cit. Bot. Centralblatt. 1880, S. 469.

consistenter und klebriger wird und schließlich zu gelben Perlen oder einem glasurartigen Ueberzuge erstarrt. Das Holz unter der Rindenöffnung ist braun und im Zustande gummöser Auflösung. Wenn das Gummi auf andere Regionen des Baumes durch den Regen geschwemmt wird, soll es neue Krankheitsheerde erzeugen.

Die Gummose wird für den Baum tödtlich, wenn die Gummiheerde einen größeren Theil des Stammumfanges einnehmen. Nach Flühler[1]) leiden die Citronen am meisten, die Pomeranzen am wenigsten. Stecklinge scheinen die Krankheitsanlage beizubehalten und ebenso veredelte Exemplare einen größeren Prozentsatz an Kranken zu geben als unveredelt gebliebene Sämlinge. Reichliche Düngung, starke Bewässerung, thoniger Boden vermehren das Uebel, das auch zunehmen soll, wenn Zwischenfrüchte, wie Kürbis, Bohne, Liebesapfel, Tabak u. dergl. gebaut werden. Aus den vergleichenden Analysen von gesunden, kranken und gestorbenen Bäumen ging hervor, daß die kranken Bäume weniger Phosphorsäure, Kieselsäure und Eisenoxyd haben.

Nach dem mir bisher zugänglich gewesenen Material halte ich die Krankheit der Agrumen für genau dieselbe Erscheinung wie den Gummifluß bei den Amygdalaceen. Als eine der augenblicklich häufigsten Ursachen, welche auch in Deutschland bei den Steinobstfrüchten in den Baumschulen eine große Rolle spielt, halte ich die übermäßige Zufuhr stickstoffreichen Düngers. Seit den letzten Jahrzehnten hat sich durch die Erkenntniß der Wirksamkeit künstlicher Düngemittel die Meinung in den Kreisen der praktischen Pflanzenzüchter vielfach eingebürgert, daß man die Ertragsfähigkeit der Kulturpflanzen fortdauernd steigern könne, sobald man Nährstoffe im reichsten Maaße zuführen kann. Ich betrachte diese Anschauung als sehr verhängnißvoll und irrig, sobald man die individuellen, bisher nur wenig festgestellten Ansprüche der Pflanzenart außer Acht läßt. Es steigern sich dadurch die durch Wasser- und Nährstoffüberschuß veranlaßten Krankheitserscheinungen. Bei reicher Stickstoffzufuhr wird allerdings die Produktion erhöht und die Produktionszeit verlängert, aber das Produkt auch vielfach verändert. Es werden relativ größere Massen parenchymatischen Gewebes auf Kosten des prosenchymatischen Theiles gebildet und diese üppigeren Individuen sind leichter irritirbar durch äußere Krankheitsstöße, wie die langsamer wachsenden Exemplare.

Wenn bei unserer jetzigen Düngerwirthschaft einzelne Kulturen nicht schon dadurch leiden, daß eine zu hohe Concentration der Bodenlösung die Wurzelentwicklung stört, oder auch die normale Streckung der Laubtriebe verhindert, so leiden sie durch die zu große Zartheit der neuproduzirten, oberirdischen Theile. Grade bei Prunus habe ich die Erfahrung von Entwicklungsstörungen durch hoch-

[1]) Flühler: Die Krankheit der Agrumen in Sicilien. Biedermann's Centralbl. für Agrikulturchemie. 1874, S. 368.

concentrirte, in ihrer Zusammensetzung normale Nährstofflösung bei Wasserkulturen erkennen können.[1]) Auch in der Praxis sieht man, daß stark gedüngte Süßkirschenquartiere, namentlich auf schwerem Boden der Gummose in Masse erliegen. Die Gattung Citrus halte ich ebenfalls für eine Baumart, welche durchaus nicht unempfindlich gegen Nährstoffzufuhr ist, wohl aber als eine solche Gattung angesehen werden muß, die absolut geringere Ansprüche an Wasser und das übrige Nährstoffmaterial stellt, als viele andere Kulturpflanzen, namentlich solche, welche oben als Zwischenfrüchte bei den Citrusplantagen angegeben worden sind. Bei Wasser- und Düngerreichthum, der den Zwischenfrüchten eine reiche Entwicklung sichert, befinden sich die Orangenbäume schon in einem Zustande, der weit über ihr optimales Bedürfniß hinausgeht. Sie verarbeiten das reiche Nährstoffmaterial entweder (— im günstigeren Falle) durch übermäßige Laubproduktion auf Kosten des Fruchtansatzes oder durch krankhafte Zellstreckung und Vermehrung im Achsenkörper, namentlich wenn durch Schnitt oder Frost ein Theil der oberirdischen Verbrauchsheerde in Form von Knospen verloren gegangen ist. Diese Störungen im Achsenkörper werden meiner Meinung nach die nächsten Veranlassungen zur Bildung von Gummiheerden.

Als Mittel gegen die Gummose werden daher empfehlenswerth sein, entweder Veredlung auf schwächer wachsende Arten (bittere Pomeranzen, Citrus vulgaris var. Bigaradia), oder Zufuhr von Phosphorsäure, welche der Wirkung einseitiger Stickstoffzufuhr entgegenarbeitet. Andrerseits wird starke Bodenlüftung günstig wirken und namentlich die Erzeugung von Schröpfwunden dem etwa überschüssig angehäuften, plastischen Material einen normalen Abzug gewähren.

Daher erklärt sich auch die erprobte Wirksamkeit des bis auf das gesunde Holz erfolgenden Ausschneidens der Gummiheerde, wenn die Prozedur in Gemeinschaft mit andern, den üppigen Trieb mildernden Maaßnahmen gleichzeitig vorgenommen wird.

4. Mal nero des Weinstocks.

Im Anschluß an diese Gummose mag einer seit dem Jahre 1863 ungefähr bekannt gewordenen, besonders in Süditalien und Sicilien verheerend um sich greifenden Krankheit gedacht werden, welche als „Mal nero" des Weinstocks eingeführt worden ist. Obgleich die Ursache der Krankheit noch nicht festgestellt worden ist, müssen wir derselben wegen ihrer Ausbreitung in Südeuropa und wegen ihres großen Schadens doch gedenken und wir bringen dieselbe deßwegen einstweilen hierher, weil erstens eine Anzahl von Forschern der Ansicht ist, daß die vielen Pilze, welche auf den erkrankten Stöcken vorkommen, nicht

[1]) Sorauer: Studien über Verdunstung. Forsch. auf d. Geb. d. Agrikulturphysik von Wollny. Bd. III, S. 103.

die Ursache der Krankheit sind und daß Parasiten überhaupt nicht als Ursache gelten können, und weil zweitens häufig Gummierguß dabei beobachtet worden ist. Comes[1]) spricht sogar das Mal nero direkt als Gummifluß an. Nach Cugini[2]) zeigt sich die Krankheit, durch welche im Frühjahr die Entwicklung der Knospen ganz verhindert oder doch gestört wird, durch das Erscheinen schwarzer Streifen und Flecke an Zweigen, Blattstielen und Rippen, Ranken und Traubenstielen an. Die Flecke erstrecken sich auch auf das Innere der Organe, und zwar im Stamme sogar bis auf das Kernholz, wodurch sie sich von dem später zu erwähnenden, durch Sphaceloma ampelinum hervorgerufenen „schwarzen Brenner" unterscheidet. Außerdem charakterisirt sich die Krankheit durch das in den parenchymatischen Elementen des Achsenkörpers erfolgende Auftreten gelbbrauner Granulationen, die oft das ganze Zellumen ausfüllen und weder aus eiweißhaltiger Substanz, noch aus Cellulose bestehen. Cugini, der übrigens die Krankheit doch für parasitär hält, constatirte auch das Auftreten von Vergrünungen der Blüthen und bringt diese Erscheinungen mit dem Uebel in Zusammenhang. Unter den namhaften Pathologen, welche, wie es scheint bei derselben Krankheit Parasiten gefunden haben, herrscht aber wiederum Meinungsverschiedenheit. Prillieux[3]) hält einen eigenthümlichen Schlauchpilz, Roesleria hypogaea für die Ursache, während Hartig[4]) diesen Pilz als Begleitserscheinung und einen andern, Dematophora necatrix, für den eigentlichen Parasiten erklärt. Dieser Pilz ist von Rhizomorpha durch die Bildung sclerotienartiger Mycelknollen und durch die Knospenform verschieden.

Spätere Untersuchungen, namentlich von Pirotta[5]) ausgeführt, thun dar, daß die angegebenen Körnchen in den Zellen die Gerbstoffreaktion zeigen und direkt aus den Stärkekörnern hervorgehen. Er fand sehr häufig, aber doch nicht immer Rhizomorphen an den kranken Wurzeln; dennoch glaubt er die Thatsache nicht zwingend genug, um die Krankheit als Pilzerkrankung ansprechen zu müssen. Comes beharrt auch in seinen neuesten Publikationen bei

---

[1]) Comes: Il mal nero della vite. Portici 1882. — Primi risultati degli esperimenti fatti per la cura della Gommosi o Mal nero della vite. Portici 1882. — Sul preteso tannino scoperto nelle viti affette da Mal nero. Bot. Jahresbericht 1882.

[2]) Cugini: Ricerche sul Mal nero della Vite. Bot. Centralbl. 1881, Bd. VIII, S. 147. — Nuovo indagini sul Mal nero della Vite. Bologna 1882. — Il Mal nero della Vite. Firenze 1883.

[3]) Prillieux: La pourridié des vignes de la Haute-Marne, produit par le Roesleria hypogaea. Paris 1882.

[4]) R. Hartig: Rhizomorpha (Dematophora) necatrix. Der Wurzelpilz des Weinstocks. Untersuchungen aus dem forstbotanischen Institute zu München. 1883, III, S. 95, cit. Bot. Centralbl. 1883, Nr. 46 (Bd. XVI), S. 208.

[5]) Pirotta: Primi studii sul Mal nero o Mal dello Spaceo nelle viti 1882, cit. Bot. Jahresbericht 1882.

der Anschauung, daß die Krankheit eine Gummose sei und zeigt, daß die fraglichen Körner keine Gerbstoffanhäufungen darstellen, sondern aus einem andern Grundstoff (Gummi) bestehen, der nur mit Tannin getränkt ist. Wenn die Körner längere Zeit der Einwirkung kochenden Wassers ausgesetzt werden, so zeigen sie nicht mehr die Gerbstoffreaktion; allerdings ergiebt sich daraus auch, daß, falls sie wirklich Gummi sind, sie in die Nähe des ebenfalls in Wasser unlöslichen Wundgummis zu stellen sind.

Alle diese Untersuchungen berechtigen nicht zu einem positiven Schluß über die Krankheitsursache. Die Gründe, welche zur Einreihung der Krankheit in diese Gruppe maßgebend waren, sind, wie gesagt, der Eindruck, den die Krankheit als ein Gesammtleiden macht, und der Umstand, daß Gummiausfluß dabei beobachtet worden ist.

5. Dintenkrankheit der echten Kastanie.

Durch das Vorkommen derartiger widerstandsfähiger Körner mit Tanninreaktion charakterisirt sich auch ein, wie es scheint, nicht parasitäres, obgleich stets pilzbegleitetes, als „Schwärze“ oder „Dintenkrankheit“ beschriebenes Leiden der echten Kastanie, die nach Gibelli[1]) dann durch das Auftreten welker gelber Blätter und kleiner zuckerärmerer Früchte auffällt. An jungen Bäumen vertrocknet die Stammbasis unter Braunfärbung der Rinde, deren Zellen bis stecknadelkopfgroße Tanninconcretionen aufweisen. Die Aschenanalysen zeigen Mangel an Kali und Phosphorsäure bei bedeutender Zunahme von Eisenoxyd. Eine Anzahl von Beobachtern spricht das stets an den Wurzeln gefundene Mycel als Krankheitsursache an. Durch den von Frank gelieferten Nachweis (s. Theil II, Parasitismus), daß es keine gesunde Wurzel von Castanea vesca ohne Mycel giebt, wird die Annahme eines mycelbildenden Parasiten als Veranlassung der Erkrankung um so mehr erschüttert.

6. Die Fäulniß der Feigenbäume.

Die schon seit den Zeiten des Theophrast bekannte Krankheit des Feigenbaumes („Marciume del Fico“ der Italiener) hat neuerdings durch Savastano[2]) eine eingehende Bearbeitung erfahren und ist von diesem Beobachter als eine Gummosis erkannt worden.

Am deutlichsten zeigt sich die Krankheit, der die alten Pflanzen mehr erliegen als die jungen, in den Monaten Juli bis September, wo die Blätter

[1]) Gibelli: La Malattia del Castagno, cit. Bot. Jahresb. 1879, II, S. 375. Gibelli ex G. Antonielli: Sopra una nuova malattia dei Castagni. ibid. Cugini: Sopra una malattia che devasta i castagneti italiani. ibid.

[2]) Savastano L.: Il Marciume del Fico. Annuario della R. Scuola Sup. d' Agricult. Portici. Vol. III, fasc. V, 1884 con 4. tav. cromot. (nach brieflicher Mittheilung).

gelb werden und abfallen, ebenso wie die Früchte. Obgleich man auf den welken und todten Blättern zahlreiche Pilze und auch Insekten findet (Fumago salicina Tul., Uredo Ficus Cast., Phyllosticta sycophila Thüm., Sporidesmium, Coccus Caricae Fab.), so sind diese Parasiten doch nicht als die Ursache der Krankheit anzusehen. An den Stämmen und Aesten sieht man meist keine Veränderung, wohl aber an der Wurzel, in welcher der Hauptsitz der Krankheit ist. Im hochgradigen Stadium erscheinen die Wurzeläste bis an den Wurzelhals schwärzlich, theilweis aufgespalten oder schon gradezu verfault.

An den durch Sprossen erzogenen, jungen Pflanzen bemerkt man, daß der Sitz der Krankheit in den Wurzelzweigen der Mutterpflanzen zu finden ist, von wo aus die weitere Verbreitung allseitig, besonders aber in aufsteigender Richtung stattfindet. Die meist erkrankte Schicht ist die äußerste; nur zuweilen ist das Innere hochgradiger zerstört. Hat die Zersetzung den Wurzelhals erreicht, geht die Pflanze unbedingt dem Tode entgegen.

Bei dem ersten Erscheinen der Krankheit findet man Zellen und Gefäße mit einer Substanz erfüllt, welche anfangs citronengelb und später dunkelbernsteingelb erscheint. Zuerst sind die Zellwände damit tapezirt und später das ganze Lumen ausgefüllt; mit der Zunahme dieser Füllmasse verschwindet die Stärke. Schon bei Sämlingen beobachtete Savastano die Entstehung von Gummiheerden und zwar in der Gefäßbündelregion an der Uebergangsstelle der jungen Würzelchen in die oberirdischen Achsen.

Auch an Stamm und Zweigen sah Savastano die Gummosis auftreten; in deren Gummi fand er eine Substanz, die ähnlich dem bei der Gummose des Oelbaums auftretenden Olivile erscheint. Die Gummose der oberirdischen Achse wird von den schon bei Sämlingen in den Wurzeln sich vorfindenden Gummidrusen abgeleitet. Erst nachdem die Pflanzen gummikrank geworden, ließ sich die Rhizomorpha, die von andern Forschern für die Ursache der Erkrankung angesprochen wird, nachweisen. Unter Rothfärbung der Wandungen gehen die Parenchymzellen der Wurzeln einen Humifikationsprozeß ein, bei dem durch Verschwinden der organischen Substanz das spezifische Gewicht des Gewebes immer geringer wird.

Die neueste Arbeit von Savastano[1]) giebt die Resultate vergleichender Untersuchungen gummoser Exemplare von Amygdalus Persica und communis, Prunus Cerasus, domestica, insititia, Mahaleb und Armeniaca, sowie von Citrus Aurantium, Limonum, vulgaris und nobilis und auch von Olea europaea. Die Ergebnisse sind so übereinstimmend, daß die Gummose der genannten Pflanzen mit der von Ficus Carica gemeinschaftlich abgehandelt werden kann. Bei allen erfolgt die Bildung der Gummiheerde entweder in Folge

[1]) Gommose caulinaire dans les Aurantiacées, Amygdalées, le Figuier, l'Olivier et noircissement du Noyer. Compt. rend. I. Decembre 1884. Separatabzug.

von Verwundungen oder ohne jede äußere Veranlassung. Wenn die Wunde schnell und vollkommen überwallt wird, trocknet in der Regel das gebildete Gummi zu spröden Massen zusammen und bleibt für die Umgebung schadlos. Tritt dagegen Feuchtigkeit an die Wundstellen, dann wird das Gummi weich erhalten, leicht in die Umgebung der Wundfläche gebracht und auch diese der Gummose unterworfen. Zur Erklärung der weitern Ausbreitung erinnern wir an das von Wiesner beschriebene Gummiferment. In solchen Verhältnissen befinden sich oft die Wurzeln, bei denen der auf die Gummose leicht folgende Humifikationsprozeß den Tod einleitet. Verschont von der Gummose ist kein Pflanzentheil; in allen Theilen der Frucht, in dem Mesophyll der Blätter, in den Cotyledonen u. s. w. kann Gummi gebildet werden.

Nach allen ihren Charakteren und der Art ihrer Ausbreitung zieht Savastano eine Krankheit hierher, welche als das Schwarzwerden der Nußbäume bekannt und analog der obenbesprochenen Dintenkrankheit der Edelkastanie verläuft. Was der Gummifluß bei den Amygdalaceen und Aurantiaceen, ist das Schwarzwerden bei Juglons regia. Die Bildung der Gewebelücken nach Verwundungen oder auch ohne jegliche äußere Veranlassung ist bei der Nußbaumkrankheit dieselbe wie bei der Gummose. Es finden sich solche Krankheitsheerde in der Markkrone, in allen Theilen der Frucht und in den Blättern. Letztere vertrocknen dann schnell. Da eine bestimmte Ursache bisher nicht erkannt worden ist, so lassen sich auch noch keine Mittel angeben.

Das Auftreten von Gummosis ist eine im Pflanzenreiche noch viel weiter verbreitete Erscheinung, als man jetzt anzunehmen geneigt ist. Dem Gummifluß des Steinobstes analog ist auch das namentlich an Wundstellen sich zeigende Ausfließen durchsichtiger, zähflüssiger Gummimassen bei Elaeagnus canadensis, das Frank genauer beschrieben hat; ich sah Gummibildung bei Palmen und Gurken, Prillieux bei Hyacinthenzwiebeln.

c) Der Mannafluß.

An Stelle des Gummi treten bei manchen Pflanzen zuckerhaltige, erhärtende, helle Massen, die als „Manna“ im Handel vorkommen, aus der Rinde junger Stämme und Zweige. Das austretende Verflüssigungsprodukt enthält Mannit, der durch Ausziehen mit Weingeist in feinen, schwach süßschmeckenden, weißen, seideglänzenden Krystallen erhalten werden kann und auch künstlich sich aus einzelnen Zuckerarten darstellen läßt. Was bisher über Mannafluß bekannt, rührt von Meyen[1]) her. Nach diesem Forscher werden die großen Mengen Manna, welche aus Italien kommen, künstlich einer Eschenart, der Manna-Esche entlockt; indem man gegen Ende Juli Einschnitte in die Rinde macht. Aus diesen Einschnitten fließt allmählich das Manna als dicker, süßer,

[1]) Pflanzen-Pathologie, S. 228.

an der Luft erhärtender Saft. Nur veredelte Exemplare sollen Manna liefern und die Dauer des Ausfließens soll etwa 5—6 Wochen von Anfang August an betragen, falls das Wetter trocken bleibt. Außer der Manna-Esche (Fraxinus Ornus) sollen andere, selbst unsere gewöhnlichen Eschen, sowie auch Hainbuchen im Stande sein, dieses zuckerhaltige Produkt zu liefern, das nicht von den Ausscheidungen unterschieden wird, welche die Blätter mancher Bäume zeigen. Unter diesen spielen die Lärchen eine hervorragende Rolle, welche im Monat Mai und Juni auf ihrer Oberfläche helle Tröpfchen absondern, die als Manna von Briançon in den Handel kommen. Es ist dies also ein Honigthau, der sich an den bereits erwähnten Honigthau der Linde u. s. w. anschließt.

Unter den Ursachen, die den Mannafluß (Mannosis) bedingen, figuriren in erster Reihe die Verletzungen durch Menschenhand; ferner wird angegeben, daß ein Insekt, die Manna-Cicade (Cicada orni) durch ihren Stich Manna-Ausscheidungen veranlaßt, ebenso wie der Stich einer Schildlaus die Mannabildung auf der Tamariske des Sinai (Tamarix gallica var. mannifera Ehrh.) hervorrufen soll. Als Bedingung einer reichlichen Absonderung wird von Metzen wiederholt andauernde, große Hitze hervorgehoben, die auch den Gummifluß der Steinobstgehölze befördern soll. Dies wäre dieselbe Bedingung, der man die reichliche Bildung des Honigthaues auf den Blättern zuschreibt. Der Umstand dürfte seine Erklärung darin finden, daß durch starke Beleuchtung und Erwärmung in dem assimilirenden Organe eine ganz außerordentliche Menge plastischer Substanz gebildet wird, die aus Wassermangel nicht schnell genug wandern und Verwendung an Verbrauchsheerden finden kann. Was sonst eine Ringelwunde zu thun im Stande ist, geschieht hier ohne jede Verwundung: ein Aufstauen plastischen Materials und eine abnorme, chemische Umwandlung desselben. Tritt reichlich Regen auf und somit Bodenlösung in genügender Menge in die Pflanzen ein, dann wird das Uebel gehoben.

Insofern würde auch die wiederholte Angabe verschiedener Autoren, daß große Dürre und steiniger Boden den Gummifluß veranlassen, ihre Erklärung finden. Ich selbst habe dies nie beobachten können. So können also beide Extreme, Wassermangel und Wasserüberschuß die Ursache der Erkrankung werden, welche unter denselben Symptomen auftritt. Im letzteren Falle wird die Krankheit in der Anlage der Pflanze schon durch Bildung des abnormen Holzparenchyms bedingt, was im ersteren Falle nicht stattfindet.

Nach den Angaben von Haubury[1]) soll das Eschen-Manna jetzt ausschließlich in Sicilien, besonders in der Umgegend von Palermo gesammelt werden.

---

1) Werner: Ueber die Geschichte des Eschenmanna. Bericht über die Thätigkeit der bot. Sect. der schles. Gesellschaft. 1882.

d) Der Harzfluß.

Das, was der Gummifluß bei Amygdalaceen (Steinobstgehölzen) und der Mannafluß bei Oleaceen (Oelbaumgewächsen), ist der Harzfluß (Resinosis) bei den Coniferen (Nadelhölzern): derselbe tritt bald im Holzkörper auf, bald ergreift er Parenchym und Bastzellen der Rinde. Die ersten Zustände der Krankheit zeigen sich im Kienigwerden des Holzes; der ausgebildete Zustand besteht in Bildung großer Mengen gleichmäßiger Harzmassen in verschieden großen Hohlräumen der Achse, die gewöhnlich Harzbeulen genannt werden. Bereits bei Besprechung der Gummosis ist des normalen Vorkommens von Harz im Pflanzenkörper gedacht und hervorgehoben worden, daß Harz als Zellinhalt in Tropfenform oder, wie bei den Leimzotten mancher Gehölzknospen, in Gestalt von Zwischenlamellen der Zellwand oder endlich, wie bei unsern Kiefern und Fichten in bestimmt vertheilten, eigenthümlichen Harzgängen vorkommt. In der Umgegend des Harzganges zeigt der Inhalt vieler Parenchymzellen Harztropfen und Stärkekörner, von denen nicht selten einzelne mit Harzüberzug versehen sind. Die großen Harzbehälter sind oft vollständig mit Harz erfüllt, sowie es die dem Gummifluß verfallenden Gefäße des Holzkörpers der Amygdalaceen zeigen. Das Material zur Füllung der großen Harzbehälter muß nothwendig zunächst die Umgebung liefern. Ob dieses Material in Form von Harz wandert, wie N. J. C. Müller[1]) annimmt, oder in Form einer andern Verbindung und sich erst dort zu Harz umbildet, wo es als solches aufgefunden wird, wie Hanstein[2]) anzunehmen geneigt ist, das fällt für unsere Betrachtung wenig in's Gewicht, da wir festzuhalten haben, daß die Bildung größerer Harz- und Gummimassen nur möglich ist durch Umwandlung zuströmender, plastischer Nahrung zu den Orten, wo die Verflüssigung stattfindet, also positiver Säfteverlust ist. Es kommt dann hinzu, daß auch die geformte Pflanzensubstanz in Form von Holz- und Rindengewebe und von Stärkekörnern der Verflüssigung verfällt und daß auf diese Weise bedeutendes Material verloren geht. Nach den Untersuchungen von Karsten[3]) und Wigand[4]) erscheint das

---

[1]) Müller (Ueber die Vertheilung der Harze ꝛc. in Pringsheim's Jahrb. f. wiss. Bot. 1866—67, S. 387 ff.) sagt, die großen Massen Harz in den Harzgängen können nicht anders hineingelangen, als durch Wanderung durch viele Zellmembranen. Müller findet die Zellmembranen permeabel für Harze. Längeres Liegen in Wasser von dünnen Kienholzquerschnitten macht, daß alles Harz in der Zellwand durch Wasser ersetzt wird.

[2]) Hanstein (Ueber die Organe der Harz- und Schleimabsonderung in den Laubknospen. Bot. Zeit. 1868, Nr. 43 ff.) spricht über das Auftreten von Harz zuerst in den Fugen von Sekretionszellen als schmales Band zwischen Cuticula und Cellulosehaut. Dies sind unzweifelhaft gewichtige Gründe für die Annahme, „daß auch das Harz, welches zuerst in Gestalt von Zwischenwandschichten auftritt, seine eigentliche Natur erst annimmt, nachdem es noch in andrer Gestalt die Zellwand durchsetzt hat und als Zwischenschicht abgelagert ist.“

[3]) a. a. O. S. 316. — [4]) a. a. O. S. 165.

Holz zunächst kienig, d. h. mit Harz und Balsam durchtränkt. Innerhalb der meisten Zellen dieses harzgetränkten Gewebes zeigt sich das Harz als Wandbekleidung oder in Tropfen zusammengeflossen, während andere Zellen schon vollständig mit dieser Masse angefüllt sind. In dem Maße, als der Harzreichthum im Innern der Zelle zunimmt, werden die ursprünglich dicken Wandungen der Zelle immer dünner, bis schließlich nur noch eine feine Umgrenzung übrig bleibt, die sich in die Harzmasse allmählich verliert.

Wie bei dem Gummifluß erscheinen auch hier die Markstrahlen länger widerstandsfähig, da man dieselben noch deutlich in die gleichartige, sie umgebende Harzmasse der aufgelösten Holzzellen hineinragen sieht; es fehlt zur vollkommenen Analogie beider Vorgänge nur der Nachweis, daß bei dem Harzfluß auch ein abnormes Holzparenchym[1]) gebildet werde, das unbedingt der Verharzung verfiele.

Daß, gradeso wie bei der Gummosis, die Stärkekörner bei der Resinosis der Verflüssigung verfallen, ist mehrfach beobachtet worden. Stärke liefert sicherlich einen großen Theil des Harzes bei dem Harzfluß.[2])

[1]) Einige Notizen deuten wenigstens auf einen ähnlichen Vorgang hin: Karsten (a. a. O. S. 316) giebt hierbei an, daß die einer Harzdruse benachbarten Holzzellen mit kleinen Zellen angefüllt erscheinen. — Dippel (Histologie der Coniferen in Bot. Zeit. 1863, S. 254) sagt, daß auf einer etwas abnormen Zellentwicklung und einer später eintretenden Desorganisation der Membran die Bildung von Harzgallen in der Weißtanne beruhe. — Ein anderes anatomisches Merkmal, das eine abnorme Bildung des Holzkörpers anzeigt, giebt Hartig (Schles. Forstver. 1866, S. 23, cit. in Ratzeburg's Waldverderbniß II, 1868, S. 52) an. Es hatte sich in ca. 30jährigen Bäumen der Harzfluß in tödtlicher Weise eingefunden. „Es entstanden bis 15 % Harzgefäße mehr im Jahre des Absterbens und das Harz hinderte nun die Thätigkeit in Bast und Holz." — Die wichtigste Notiz aber dürfte Hallier's Beobachtung (Phytopathologie, S. 82) geben. Derselbe spricht von der sehr häufigen Erscheinung, daß ein Theil des Stammes durch Zerstörung von Gewebe eines Jahresringes sich als glatter Cylinder von den äußeren Holzschichten loslöst, welche auf diese Weise eine Hülse bilden. Diese „Auslösungen" des Holzkörpers sind häufig von Wucherungen parenchymatischer Natur begleitet, die an Stelle von Prosenchymzellen auftreten und allmählich auch wieder in dieselben übergehen. Häufig tritt bei diesen Auslösungen Verharzung auf. In einem Falle (S. 86) fand Hallier das Wucherparenchym und die angrenzenden Gewebetheile mit einem harzartigen, gelben bis braunen Stoff erfüllt.

Aus diesen Beobachtungen geht wenigstens hervor, daß der Holzkörper der Nadelhölzer an den Stellen, wo Harzbildung auftritt, abnorme Gewebe bilden kann, die bis zur parenchymatischen Wucherung sich steigern.

[2]) Wiesner (Sitzungsber. d. Akad. d. Wissensch. zu Wien, Bd. 51) giebt z. B. an, daß im Innern der Markstrahlzellen der Laubbäume sich Harzkörper vorfinden, die den Bau des Stärkemehlkornes besitzen. Dieselben werden selten durch Jod allein blau, öfter durch Jod und Schwefelsäure. Mit Cuoxam zeigen sie die Zellstoffreaktion; gegen Eisenchlorid reagiren sie wie Gerbstoff. Daher schließt Wiesner aus seinen Untersuchungen, daß eine große Menge des in der Natur vorkommenden Harzes aus Stärkekörnern oder

Ob dabei der Vorgang in der That so ist, wie ihn Dippel annimmt, daß das Stärkemehl während der Vegetationsperiode nach Abgabe von Sauerstoff in Wasser und Terpentinöl zerfällt und dieses durch Sauerstoff-Aufnahme in Harz übergeführt wird [1]) oder ob Stärkemehl in ein Glied der Gerbsäurereihe und Letzteres in Harz umgewandelt, wie chemische Untersuchungen für einige Fälle [2]) nachweisen, ist für unsere Betrachtung weniger von Wichtigkeit.

---

aus in Gerbmehl sich umwandelnden Stärkekörnern besteht. Er hält den Gerbstoff für das Zwischenglied zwischen Cellulose und Harz.

Dippel (Histologie der Coniferen. Bot. Zeit. 1863, S. 258) kommt in dieser Beziehung zu folgenden Resultaten: Bei der Weißtanne findet sich das Harz im normalen Zustande entweder in einzelnen, zerstreut stehenden Holzparenchymzellen (Harzzellen) zwischen den Holzzellen oder in größeren Gruppen gestreckter Holzparenchymzellen, welche von kürzerem, Stärke führendem Holzparenchym begleitet sind oder endlich in echten, mit den Markstrahlen in Verbindung stehenden Harzgängen, die ebenfalls von stärkehaltigem Parenchym umgeben sind. Die normale Entstehung des Harzes ist bei der Weißtanne immer an das Holzparenchym gebunden (nie an die eigentlichen Holzzellen).

Der Inhalt dieses Holzparenchyms, der im Winter Stärke, im Sommeranfang flüchtiges Oel ist, geht zunächst in die Harzbildung ein und erst in Folge dieser Umwandlung tritt die Harzbildung durch Desorganisation der Zellenparthien der echten Harzgänge auf.

[1]) 

$$\text{Aus } \underbrace{5\,C^{12}H^{20}O^{10}}_{\text{Stärke}} \text{ werden } \underbrace{3\,C^{20}H^{32} + 2\,H^{2}O + 48\,O}_{\text{Terpentin}}$$

aus Letzterem



$$2\,C^{20}H^{32} + 6\,O \text{ werden } \underbrace{C^{40}H^{60}O^{4} + 2\,H^{2}O}_{\text{Harz.}}$$

[2]) Ueber die Beziehungen zwischen Gerbsäuren und Harzen liegt eine Notiz von Hlasiwetz vor. (Ueber einige Gerbsäuren und die Beziehungen d. Gerbs.-Glycoside &c. Annal. d. Chem. u. Pharm. Bd. 143, S. 270, cit. in Jahresb. d. Agrik.-Chemie 1867, S. 78.) Hlasiwetz stellt zwar keine Vermuthung über die Entstehung der Harze auf, findet aber gewisse verwandtschaftliche Beziehungen zwischen Harzen und Gerbsäuren in den beiderseitigen Zersetzungsprodukten.

Weit positivere Resultate veröffentlicht Rochleder im Chemischen Centralbl. 1867, S. 972 über den Gerbstoff aus Kastanienrinde. Dieser Körper verwandelt sich unter gewisser Behandlung in eine fast durchscheinende, rothbraune Masse, welche Aehnlichkeit mit der Aloe soccotrina hat und in der Wärme erweicht, in der Kälte wieder erstarrt.

Diese Substanz, welche in kaltem Wasser zu einem rehfarbenen Pulver zerfiel, hatte nach dem Trocknen über Schwefelsäure einen Moschusgeruch. Das Pulver löste sich in Alkohol und bildete nach dem Verdunsten wieder einen harzartigen Stoff. Harz und Gerbstoffpulver hatten dieselbe chemische Zusammensetzung und gaben dieselben Zersetzungsprodukte, so daß also hier nur das Harz als die unlösliche Modifikation des Gerbstoffs anzusehen ist. Möglicherweise sind viele Harze nur solche unlösliche Formen von in Wasser löslichen Gerbstoffen. Diese Untersuchung vervollständigt Rochleder in dem Sitzungsber. d. Kgl. Akad. Wien 1868, Juli (cit. im Jahresber. d. Agrik.-Chemie 1868 bis 1869, S. 186), indem er nachweist, daß die Nadeln von Abies pectinata einen Gerbstoff enthalten, der identisch mit demjenigen der Roßkastanie ist ($C^{26}H^{12}O^{12}$). Der Uebergang aus dem löslichen in den unlöslichen Zustand ist mit Austritt von H und O aus dem Gerbstoff verbunden. Das Harz, das Rochleder aus den Blättern der Roß-

Für uns genügt die von allen Beobachtern bestätigte Thatsache, daß geformte Bestandtheile aus der Cellulosegruppe, die bald als Zellinhalt, bald als Zellwandung auftreten können, in Harz umgewandelt werden und daß dieser normale Harzbildungsprozeß unserer Nadelhölzer zu einer krankhaften Ausdehnung gelangen kann, wodurch große Gewebepartien zerstört und an deren Stelle bedeutende Harzmassen im Innern des Stammes (Drusen) sich ansammeln, die bei ihrem Durchbruche nach außen erstarren.

Wie bei der Mannosis treten unter den Ursachen für die Resinosis die Verletzungen durch Menschenhand in den Vordergrund. Schon Plinius[1], der auch den Gummifluß der Steinobstgehölze kannte, berichtet, daß, wenn man Harz aus der Rothtanne gewinnen will, man an der Sonnenseite des Baumes einen Streifen Rinde abreißt, der höchstens 2′ lang und etwa eine Elle von der Erde entfernt ist. Das beste Pech soll man an sonnigen Stellen, aber in nördlicher Lage gewinnen. Nach einem kalten Winter ist es schlechter in Qualität und Quantität. Einige behaupten, daß es in Gebirgsgegenden reichlicher fließe und auch eine schönere Farbe, sowie einen besseren Geruch besitze; jedoch erhalte man bei dem Abkochen weniger Pech, weil man mehr Schaum abschöpfen müsse. Manche Bäume liefern schon im ersten, andere erst im zweiten und dritten Jahre nach dem Anreißen eine Ausbeute an Harz. Die einmal gemachte Wunde bleibe immer offen und liefere stets etwas Harz. Duhamel[2] bestätigt den beschleunigten und vermehrten Harzausfluß an sonnigen Standorten der Bäume. Er beobachtete mehr Harz an den Knoten (dem Ursprung der Astwirtel) als an den Internodien, und das Holz in der Nähe der Harzbeulen liefere weit mehr Theer, als der übrige Holzkörper. Einen Harzfluß als Krankheitserscheinung nimmt Duhamel nicht an, betont aber, daß alte, dem Tode nahe Bäume auch ohne Verletzungen Harz austreten lassen und daß die Harzgewinnung selbst den Tod herbeiführe, wenn die Wunden zu groß und zu tief gemacht werden, weil in diesem Falle der Holzkörper zu sehr leide. Außer diesen Ursachen führen spätere Autoren[3]) noch Quetschungen der Rinde, Verletzungen derselben durch Wild und Stürme an. Die Beobachtungen Duhamel's in Betreff der reichlichen Kienbildung kurz vor dem Absterben, werden durch Meyen bestätigt. Derselbe citirt[4]) aus Hartig's

kastanie gewann, gab, mit Kalilauge gekocht, eine Lösung, die an der Luft unter Sauerstoffaufnahme sich röthete und sich ganz wie das Kastanienroth verhielt. Dieses Verhalten, sowie die Formel des getrockneten Harzes gaben Rochleder die Ueberzeugung, daß dieses Harz nur die harzige Modifikation des Kastanienrothes ist und daß man dasselbe als aus Kastaniengerbstoff entstanden betrachten kann, der H und O in Form von Wasser verloren hat.

1) Cit. in Lenz' Botanik der alt. Griechen u. Römer, 1859, S. 219.

2) Traité des arbres etc. 1755, t. II, pag. 167.

3) Wiegmann: Die Krankheiten und krankhaften Mißbild. der Gew. 1839, S. 60.

4) a. a. O. S. 240.

forstl. Convers.-Lex., daß bei dem Trockenwerden der Wipfel alter Kiefernstämme bisweilen eine außergewöhnlich große Menge Harz und Kienholz entstehe; solche Wipfel werden als Kienzöpfe bezeichnet und diese reiche Verharzung des Holzkörpers, die sich auch bei vielen stehengebliebenen Stumpfen gefällter Bäume, sowie an den Aststumpfen lebendiger Bäume zeigt, wird von Metzen als besondere Krankheit, „die Kienkrankheit" aufgefaßt. Wir haben diese Erscheinungen als erste Stadien des Harzflusses bezeichnet.

Es bleiben schließlich noch zwei Ursachen zu erwähnen, welche Ratzeburg [1]) angiebt. Die eine besteht in den Verwüstungen durch Raupen, wovon namentlich ein Beispiel interessant ist. Bei Besprechung des Lärchenrindenwicklers (Tortrix Zebeana) führt Ratzeburg als Folgen der Verwüstungen dieses Insektes an: Holzanschwellungen, Harzvermehrung und Saftaufstauung. Es bilden sich abnorme Harzkanäle, welche nach der Seite des Fraßes hin stärker entwickelt sind und sich nach der Peripherie der unverletzten Seite hin verlieren. „Die Zellwand der dem Fraße benachbarten Holzzellen scheint in Harz umgewandelt zu sein." Die zweite Ursache ergiebt sich aus einem Citat von Ratzeburg aus der allgemeinen Forst- und Jagdzeitung 1866, S. 72, in der ein ungenannter Referent als Vorbeugungsmittel „passenden Boden und passende Mischung" angiebt, also in unpassenden derartigen Verhältnissen die Ursachen der Krankheit sieht.

Die einzelnen Citate sind deswegen hier angeführt worden, um erstens die Analogie des Harzflusses mit dem Gummifluß nachzuweisen, zweitens aber auch, um darauf aufmerksam zu machen, wie wenig gerechtfertigt es wäre, ein allgemeines Heilmittel für diese, sowie für die übrigen Verflüssigungskrankheiten und die damit verwandten Erscheinungen zu suchen. Die Verflüssigungsprodukte sind eben nur Symptome der Krankheiten, welche auf die Ursache noch gar nicht schließen lassen.

Es wurde oben angegeben, daß zum Nachweis der vollkommenen Uebereinstimmung des Harzflusses der Coniferen mit der Gummose der Amygdalaceen noch die Auffindung von Parenchymgruppen im Holze gehört, deren Zellen der Resinose verfallen. Derartige Parenchymnester sind nun wirklich vorhanden; es sind dies die als Zellgänge von Th. Hartig, als Markflecke von Nördlinger oder Markwiederholungen von Roßmäßler bezeichneten Holzparenchymgruppen mit grober Tüpfelung, deren Entstehung ich lokalen Rindenlockerungen meist zuschreibe. Von der Schwarzföhre weist aber Moeller [2]) auch nach, daß selbst die Entstehung der gewöhnlichen Harzgänge schon auf vor-

[1]) a. a. O. S. 71.

[2]) Moeller: Beiträge zur Anatomie der Schwarzföhre (Pinus Laricio Poir.). Mittheil. aus d. forstl. Versuchswesen Oesterreichs, herausgeg. von v. Seckendorff, Heft III, S. 167.

gebildeter Verschiedenheit der Gewebe beruht. Von den Harzgängen der Rinde läßt sich absehen, da sie nur an jungen Exemplaren im Parenchym der Mittelrinde nachweisbar sind und abgestoßen werden, sobald die Borkenbildung in die Innenrinde vordringt. Einen naturgemäßen Harzfluß aus der Rinde kann es also nicht geben und das Harz, das an der Rindenoberfläche angetroffen wird, muß aus Wunden stammen. Die ersten Anfänge der Harzgänge im Holze sind nur durch Anwendung von Reagentien bemerkbar, da im cambialen Zustande die Harzzellen von den anstoßenden Holzzellen (Tracheïden) sich nicht unterscheiden. Erst mit der allmählichen Verdickung der Wandungen tritt eine Differenzirung ein, indem die Mehrzahl der Zellen des Cambiumringes durch Anlage der secundären Verdickungsschicht, Ausbildung der Hoftüpfel und bald eintretende Verholzung der primären Membran zu Tracheïden wird. In kleineren Zellgruppen bleiben aber diese Veränderungen aus und diese Gruppen sind parenchymatisch. Die Wandungen dieser Zellen zeigen keine Art von Poren oder Tüpfeln; nur ihre Primärmembran verholzt allmählich [1]) bei denjenigen, welche dauernd bleiben. Bei den den Harzgang bildenden Zellen werden die Membranen immer weicher, verschieben sich gegeneinander und bekommen durch Faltung unregelmäßige Contouren. Einen Intercellulargang sah Moeller nie entstehen, sondern in der Mitte einer jeden Parenchymgruppe begannen die Zellen, sich zu lösen. So entstehen die Harzgänge, deren Umgebung manchmal vollkommen glattrandig, häufig aber auch noch mit Cellulosereaktion zeigenden Fetzen der sich lösenden Zellen bedeckt ist. Das nicht seltene Vorkommniß loser Zellen im jugendlichen Harzgange scheint dafür zu sprechen, daß die Zwischensubstanz der Zellen zuerst angegriffen wird.

Die Membranen der Tracheïden widerstehen, so lange sie lebendig sind, der Verharzung, obgleich in den allerjüngsten Jahresringen schon Tracheïdengruppen zu finden sind, deren Zellumina mit ätherischem Oel angefüllt erscheinen. Man muß hierbei auseinanderhalten, daß der Prozeß der Oelbildung nicht gleichbedeutend mit dem der Verharzung ist. Das Terpentinöl ist das flüssige, aus Reservestoffen im Innern der Zelle gebildete Oel, das durch Oxydation zu Harz wird und der käufliche Terpentin ist eine aus Harz und Oel in wechselnden Verhältnissen sich darstellende Mischung beider Substanzen. Je jünger das Holz, desto mehr herrscht noch das Oel vor und daher kann jüngeres Holz auch mehr Terpentin bei dessen größerer Dünnflüssigkeit austreten lassen. Die Gipfelregion des Stammes liefert mehr Terpentin als die älteren Stammtheile. Das Terpentinöl wird durch die Wandungen hindurchdringen und so lange diese gesund sind, keine Verharzung hervorrufen; daher sieht man auch im Splint selbst bei den Oel führenden Zellen keine Verharzung, wenn

[1]) Diese Parenchymzellen bleiben mit schwefelsaurem Anilin farblos, Chlorzinkjod bringt sie unter Violettfärbung zu beträchtlicher Quellung.

nicht eine Verwundung die Zellen zum Absterben bringt. Wenn die Zellen aber älter werden und den Kernholzcharakter annehmen, beginnt das Oel in den durchtränkten Zellwandungen zu verharzen und der Verharzungsprozeß kann nun auch die Membranen der Holzzellen angreifen und auf diese Weise die Zerstörung größerer Gewebemassen einleiten.

Daß aber nicht nur Cellulosemembranen und verholzte Zellhäute, sondern auch Korkzellen dem Verharzungsprozesse unterliegen, hat v. Höhnel neuerdings nachgewiesen.[2]) Bei Abies (Tsuga) canadensis entstehen in den Korklamellen der Rinde tangential angeordnete Hohlräume, welche bei Druck Harztröpfchen austreten lassen. Da diese Hohlräume erst im fertigen Kork entstehen, so sind sie hysterogener Natur, indem sie sich durch Auflösung der Korkzellen bilden. Die anfangs farblosen, stark lichtbrechenden Korkzellwände werden gelbbraun, der die Gerbstoffreaktion aufweisende Zellinhalt, der als homogene, hyaline, etwas spröde Masse die Lumina erfüllt, wird augenscheinlich zu Balsam und in diesen Umwandlungsprozeß werden nun die Häute der Korkzellen mit hineingezogen; es bleiben von ihnen nur noch Fetzen einer sehr dünnen, mit einer gelben Substanz inkrustirten Celluloselamelle.

Hervorzuheben ist bei dieser Untersuchung die Beobachtung des Ueberganges eines alle Reaktionen der Gerbsäure zeigenden Zellinhaltes in Harz, was eine Stütze der durch die Analysen gewonnenen Anschauung ist. (S. Anmerkung S. 889.)

Wenn wir uns auf die vorerwähnten Moeller'schen Untersuchungen über die Entstehung der Harzgänge im Kiefernholze stützen, so möchten wir als besonders bemerkenswerth hervorheben, daß also schon in der Cambialregion bei dem Uebergange zu Dauergewebe es sich entscheidet, welche Zellencomplexe sich zu Holzzellen verdicken und welche dünnwandig bleiben und der Verharzung verfallen. Nun ist aber bei derselben Spezies nach Standort und Witterung, die auch den Rindendruck beeinflussen, der Grad der Zellverdickung verschieden. Wir sehen, daß im Allgemeinen die Faktoren, welche die Zellvermehrung begünstigen, gleichzeitig eine geringere Wanddicke der Zellelemente bedingen. Ein Faktor, welcher wesentlich die Zelltheilung im Cambiumringe beeinflußt, ist der Rindendruck. Je geringer derselbe ist, desto stärker ist die Zellvermehrung, deren Produkt aber die Bildung des lockeren, dünnwandigen Frühjahrsholzes ist. Es liegt nun der Schluß nahe, daß wenn in der Cambiumzone Verhältnisse eintreten, welche die Bildung von Frühjahrsholz ähnlichen Zelllagen begünstigen, diese Verhältnisse nicht blos eine geringere Dicke der Wandungen der Tracheïden hervorrufen, sondern gleichzeitig einen größeren Prozentsatz von Zellelementen der Verdickung überhaupt entziehen und zur Ausbildung in Harzgänge zurück-

---

[2]) v. Höhnel: Beiträge zur Pflanzenanatomie und Physiologie. III. Ueber hysterolysigene Harzräume 2c. Bot. Zeit. 1882, Nr. 10.

halten. Es müßte dann das Auftreten von Harzgängen im Holzkörper der Zahl, Lagerung und Größe nach ein wechselndes sein und durchschnittlich überall da, wo lockeres Holz auftritt, die Zahl der Harzgänge sich vermehren.

Dafür haben wir nun thatsächlich viele Beispiele und auch Moeller spricht sich dahin aus, daß im Allgemeinen in breiteren Jahresringen und in den kräftigen, ersten Jahreslagen die Harzgänge zahlreicher sind. Vorzugsweise gewahren wir dies auch an Ueberwallungsrändern. Wenn aber die Anlage der Harzgänge von dem Wachsthumsmodus abhängig und wenn ferner von den Harzgängen aus sich leicht Harzfluß entwickeln kann, so kommen wir zu dem Schlusse, daß für die Resinosis ebenso, wie für die Gummose bestimmte Lagen und Kulturmethoden existiren können, welche die Bäume für diese Krankheiten disponiren, ohne daß man die Bäume vorher als krank ansehen dürfte. Es werden genau dieselben Erwägungen bei beiden Krankheiten für deren etwaige Heilung und Vermeidung leitend sein müssen.

Cap. VIII.

Unkräuter.

Die Rücksicht auf das Bestreben dieses Buches, ein möglichst vollständiger Rathgeber der praktischen Pflanzenzüchter bei Schädigungen der Kulturpflanzen zu sein, macht es nothwendig, auch den Unkräutern einige Aufmerksamkeit zu schenken.

Daß der Begriff „Unkraut" ein sehr relativer ist, der durchaus nicht etwa durch gemeinsame, biologische Merkmale die augenblicklich hierher gerechneten Pflanzen charakterisirt, ist bereits am Anfang des Buches betont worden. Was wir heute als unnützes Kraut betrachten, kann morgen durch die Entdeckung werthvoller Eigenschaften zur Kulturpflanze gestempelt sein. Es sind eben nur Zweckmäßigkeitsrücksichten, welche hier den Ausschlag geben und uns alle diejenigen Gewächse als Unkraut bezeichnen lassen, die auf den Kulturflächen den Nutzpflanzen den Platz streitig machen.

Schädlich werden die Unkräuter nicht nur durch das Nährmaterial, das sie der zu anderer Produktion bestimmten Bodenfläche entziehen, sondern oft auch durch das schnelle Wachsthum ihrer oberirdischen Theile, welche den Kulturpflanzen das Licht in hervorragendem Maße entziehen und deren günstige Entwicklung auf diese Weise verhindern. In einigen Fällen erweisen sich die Unkräuter auch als Träger von Parasiten, die mit Leichtigkeit auf Kulturpflanzen übergehen können.

Das Ueberwachsen der Feldfrüchte durch Unkräuter liegt theilweis in der Kurzlebigkeit der Letzteren; schnelleres Durchlaufen aller Phasen bringt ein

schnelles Emporschießen der Stengelgebilde mit sich, während die Kulturpflanzen durch einen ausgebildeten Bestockungsvorgang längere Zeit hindurch eine wenig ausgiebige Verlängerung der oberirdischen Achsen zeigen. Theilweis aber wird das Ueberwuchern der Kulturgewächse durch ebenso langlebige Unkräuter in der Weise veranlaßt, daß denselben die Bodenverhältnisse des Kulturlandes besser als den eigentlichen Nutzpflanzen zusagen, welche dann im Kampf um's Dasein zurückgedrückt werden. Je nach dem verschiedenen Entwicklungsmodus wird die Art der Bekämpfung auch verschieden sein.

Interessante Zahlenbelege für die Größe der durch Unkräuter veranlaßten Schäden liefert die neueste Arbeit Wollny's[1]), der von zwei gleichmäßig beschaffenen und bestellten Feldparzellen nur eine jätete und die andere sich selbst überließ. Die gewöhnlich sich ansiedelnden Unkräuter drückten die Ernte um so mehr herab, je langsamer die Kulturpflanzen in der Jugend wuchsen und im Stande waren, die lästigen Nebenbuhler zu überwachsen. Ganz auffällig litten in dieser Beziehung Kartoffeln und Runkelrüben, während Raps, Rübsen, Erbsen u. dgl. das Unkraut überholen konnten. Die Ernteergebnisse zeigten folgende Differenz. Es brachte die

	Parzelle mit Unkraut		Parzelle ohne Unkraut	
bei Sommerrübsen	266,2 g Körner	1010 g Stroh	349,0 g Körner	1861 g Stroh
Sommerraps	270 „ „	1990 „ „	320 „ „	1850 „ „
Erbsen	289 „ „	910 „ „	364 „ „	780 „ „
„	487 „ „	945 „ „	608 „ „	1034 „ „
Ackerbohnen	470 „ „	910 „ „	850 „ „	1390 „ „
„	446 „ „	804 „ „	562 „ „	969 „ „
Kartoffeln (Kartoffeln und Rüben blieben unbehackt)				
„ Rosenkart.	352 Stck. v.	12775 g Gewicht	483 Stck. v.	27775 g Gewicht
„ Schneeflocke	335 „ „	4400 „ „	281 „ „	13275 „ „
„ „	192 „ „	6570 „ „	252 „ „	14290 „ „
Runkelrüben	2073 g Rüben	1823 g Blätter	34360 g Rüben	14360 g Blätter
„	388 „ „	329 „ „	9000 „ „	2333 „ „
„	22 „ „	387 „ „	20100 „ „	6790 „ „

Letztere Zahl zeigt, wie in einzelnen Fällen das Unkraut schließlich eine vollkommene Mißernte hervorrufen kann. Dies Resultat wird dadurch veranlaßt, daß schließlich alle Wachsthumsfaktoren, die den Kulturpflanzen zur Verfügung stehen, eine bedeutende Abschwächung erfahren. Die verringerte Wärmemenge spielt dabei eine große Rolle. Meist hat man aber bisher nur die Temperatur im Auge gehabt, welche die den Laubkörper umspülende Luft besitzt; jetzt macht Wollny außerdem auch auf den Unterschied in der Wärme des Bodens aufmerksam, der durch die Unkräuter hervorgerufen wird. Die im Juni und Juli bei Tag und Nacht an 6 Tagen in 10 cm Bodentiefe aus-

[1]) Wollny: Untersuchungen über den Einfluß der Unkräuter auf das Wachsthum der Kulturpflanzen. Forsch. auf d. Gebiete der Agrikulturphysik 1884, Bd. VII, S. 342.

geführten Thermometerbeobachtungen ergaben durchschnittlich einen Unterschied bei Rüben bis zu 3,99 ° C., bei Mais 2,35 °, bei Kartoffeln 2,68 °, um welche der verunkrautete Boden kälter war. Ebenso ergab eine Wasserbestimmung, daß durch das Unkraut der Boden um einige Gewichtsprozente trockner wurde. Wir sehen also, wie grade die Faktoren, welche eine Zersetzung und Lösung der Bodennährstoffe, sowie die Aufnahmefähigkeit der Wurzeln beeinflussen, eine wesentliche Herabstimmung erfahren.

Wie nothwendig die Kenntniß der Entwicklung der einzelnen Unkräuter und die Beachtung der scheinbar unbedeutendsten, biologischen Eigenthümlichkeiten ist, erkennen wir aus einigen Beobachtungen von P. Nielsen.[1]) Die beiden stellenweis sehr lästigen Milchdisteln (Sonchus oleraceus und asper), welche vom August an schon ihre Samen reifen, können nur im Frühjahr keimen. Wenn nun auf Aecker, welche an diesen Unkräutern leiden, eine Herbstsaatbestellung oder Frühlingspflanzen von sehr schneller Entwicklung gebracht werden, so erlangen die Kulturpflanzen ein Uebergewicht und verhindern die Kräftigung der Disteln.

Bei vielen Pflanzen, wie z. B. bei der vorerwähnten Distel, Sonchus oleraceus, bei der Eichorie (Cichorium Intybus), dem Löwenzahn (Taraxacum officinale), der Flockenblume (Centaurea Scabiosa) wird das Ausstechen der Pflanzen als bestes Vertilgungsmittel sich erweisen; jedoch wird es nur dann dauernd wirksam sein, wenn man den Wurzelkörper gänzlich aus der Erde holt, da bei diesen Pflanzen die zurückbleibenden Wurzelstücke neue Knospen bilden und somit nach einiger Zeit sich wieder junge Triebe an die Erdoberfläche emporarbeiten. Dasselbe gilt von dem stellenweis so schädlichen Sauerampfer (Rumex Acetosella). Der große, krause Sauerampfer (Rumex crispus) kann zwar keine Adventivknospen, wohl aber sehr schnell neue Wurzeln entwickeln, wenn er nach dem Abstechen schwach angedrückt auf feuchtem Boden liegen bleibt. Der für kalkhaltigen Lehmboden so leicht zur Plage werdende Huflattig (Tussilago Farfara) muß zur Keimung seines Samens feuchte Orte haben; dann breiten sich schnell und zahlreich die Ausläufer aus und ein losgerissenes Glied entwickelt alsbald wieder Sprossen. Ein solcher Sproß bleibt im ersten Sommer unter der Erdoberfläche, bringt aber im folgenden Frühjahr eine neue Blattrosette und aus der Achse entwickeln sich neue, unterirdische Ausläufer. Die als Trägerin eines Rostes bekannte Ackerdistel (Cirsium arvense) vermehrt sich selten durch Samen, sondern meist durch Wurzeln. Der junge Stengel stirbt im ersten Jahre ab; aus der Hauptwurzel sprossen im folgenden Jahre ein oder mehrere neue Stengel, deren unterirdische Theile, sowie die Hauptwurzel mehrere eigenthümliche, dicke Wurzeln entwickeln, welche sich horizontal

[1]) Nielsen: Om Ukrutesplanter. cit. Bot. Centralbl. 1882, Bd. IX, Nr. 7, S. 232.

ausbreiten und darauf plötzlich abwärts biegen, um bis zu bedeutender Tiefe in den Boden einzudringen. Bei jedem Wurzelknoten erscheinen nun Brutknospen, so daß im folgenden Jahre die Mutterpflanze von einem Kreise von Tochterpflanzen umgeben ist, bei denen sich natürlich der Vorgang wiederholt.

Glücklicherweise ist die Zahl der sich durch Wurzelstock, Ausläufer oder kriechende Wurzeln mehrere Jahre erhaltenden Pflanzen etwa nur 30 % der Gesammtmenge der Unkräuter; 70 % sind einjährige oder zweijährige Pflanzen, gegen welche sich leichter ankämpfen läßt. Bei der im Getreide vorkommenden Kornblume (Centaurea Cyanus) und der Kornrade (Agrostemma Githago) bemerken wir die Erscheinung, daß sie in den Wintersaaten zweijährig, in der Sommersaat einjährig sind. Manche Kleefelder erscheinen weiß statt rothblühend durch das Ueberhandnehmen der falschen Kamille (Anthemis arvensis), die zeitig abwelkt. Dennoch wird der Same meist mit dem Klee eingeerntet und wieder ausgesäet; dies kommt daher, daß die Samen nicht leicht ausfallen, sondern im Blüthenkörbchen auch an der lange verwelkten Pflanze noch verbleiben können. Diese unbedeutende Eigenthümlichkeit der Samen vermittelt somit bei unserm Kulturverfahren die Uebertragung des Unkrautes auf andere Felder.

Eine andere Eigenschaft, welche die Erhaltung der Unkräuter über Zeitepochen hinaus bedingt, in welchen auf einer Ackerfläche vielleicht sie unterdrückende Kulturpflanzen gebaut werden, ist das lange Verharren mancher Samen im Ruhestande trotz der ihnen günstigen Keimungsbedingungen. Bei einzelnen Arten sehen wir eine gleichmäßige und schnelle Keimung, während bei nahen Verwandten einzelne Samen bald, andere derselben Aussaat erst später keimen; diese Verzögerung kann so weit gehen, daß Jahre darüber verfließen können, bevor alle Samen einer einzigen Aussaat zur Keimung gelangen. Wenn man theilweis diese Erscheinung auch auf die individuelle Ausbildung der Samenschalen zurückführen kann, die bei derselben Art in verschiedenen Jahrgängen und an verschiedenen Standorten ungleich ausfallen wird, so wird doch andererseits zur Erklärung eine in der Art liegende, erbliche Eigenthümlichkeit herangezogen werden müssen.

Interessante Fälle verzögerter und ruckweise erfolgender Keimung liefern die Versuche von Haenlein[1]), der z. B. bei einem wilden Mohn (Papaver dubium) 97 % der Aussaatmenge binnen 8 Tagen keimen sah, während Papaver Argemone die Keimzeit auf viele Monate ausdehnte. Von dieser Pflanze keimten im Ganzen 84 %; aber die letzten Samen erst nach 513 Tagen. Die Bauernschminke (Lithospermum arvense) ergab noch nach 710 Tagen keimende Körner. Manche Samen scheinen überhaupt sehr lange in der

---

[1]) Hänlein: Ueber die Keimkraft von Unkrautsamen. Landw. Versuchsstationen XXV, Heft 5 u. 6.

Erde liegen zu müssen; dahin gehört Campanula Trachelium, eine Glockenblume, bei der Haenlein erst nach 519 Tagen die Keimung beginnen sah. Bei Lysimachia vulgaris dauerte es 714 Tage, bei Chaerophyllum temulum und dem großen Wegebreit (Plantago major) sogar 1173 Tage bis zur ersten Keimung. Manche Samen, welche in anscheinend durchaus gutem, ausgereiftem Zustande geerntet worden waren, keimten überhaupt nicht. Dahin gehörten die Königskerze (Verbascum nigrum) und Phyteuma spicatum, während die in dieselbe Familie gehörige Jasione montana mit 99,25 % keimte, ebenso wie die mit der Königskerze in dieselbe Familie gehörige Veronica officinalis 99 % der Samen entwicklungsfähig und zwar schon nach 9—10 Tagen erwies.

Es liegen noch zu wenig Erfahrungen vor, um so auffällige Differenzen betreffs der Keimung erklären zu können; auch dürfen die hier angeführten Beispiele nicht als typisch für die erwähnten Arten, sondern nur als gelegentlich vorkommende Fälle aufgefaßt werden. Wir haben oben schon der Vermuthung Raum gegeben, daß die Witterung im Entstehungsjahre des Samens von sehr merklichem Einfluß sowohl auf die Ausbildung des Embryo als auch der Samenschale sein wird. Manchmal wird die Befruchtung gestört und damit die Ausbildung des Embryo behindert werden. Etwas präciser giebt in Folge seiner Keimungsversuche Schertler[1]) dieser Vermuthung einen Ausdruck. Er fand, daß im Durchschnitt von 10 Samenarten aus der Familie der Schmetterlingsblüthler aus dem nassen Jahre 1878 etwa 27 % keimten, während von den aus dem trocknen Jahre 1877 stammenden Samen binnen 30 Tagen nur 16,6 % zur Keimung gelangten. Es ist sehr gut denkbar, daß ein nasser Sommer die Zellen der Samenschale größer, aber minder dickwandig werden läßt.

Eine derartig verschiedene Ausbildung der Samen einer Spezies wird auch bei Anwendung der Vorschriften zu berücksichtigen sein, welche zur Vernichtung der Unkrautsamen gegeben werden. So ist das Einschütten der Samen in Jauchegruben ein vielfach angewendetes Verfahren. Der Erfolg wird aber ein sehr zweifelhafter sein, wenn man nicht vorher die Samen ankeimen gelassen und sie dadurch empfänglicher für die Jauche gemacht hat. Die meisten Samen dürften, im ruhenden Zustande in die Grube gebracht, sehr lange ihre Keimkraft bewahren. Wenigstens zeigen die Versuche von Zoebl[2]), daß noch nach 60tägigem Einweichen in Jauche keimfähige Samen bei manchen Unkräutern (Knöterich, Hopfenluzerne) sich vorfanden.

a) Moos- und Schachtelhalmvegetation.

Wir knüpfen an diese allgemeineren Betrachtungen jetzt die Besprechung einiger spezieller Fälle von Verunkrautung und beginnen mit den einfacher ge=

---

[1]) Biedermann's Centralbl. 1879, I, S. 54.

[2]) Oesterr. landwirthsch. Wochenbl. 1879, S. 501.

bauten Gewächsen, den Cryptogamen, von denen das Moos und der Schachtelhalm zu nennen sind. Von der Moos- und Flechtenvegetation auf Baumstämmen ist schon früher die Rede gewesen. Hier handelt es sich darum, das Moos von Wegen und Wiesen zu entfernen. Um die Wege reinzuhalten, wird das Begießen derselben mit Seifensiederlauge oder verdünnten Lösungen von Schwefelsäure, Salzsäure, Carbolsäure u. dgl., wohl auch das Bestreuen mit Salz oder Holzasche empfohlen. Indeß bleibt das beste Mittel eine ordentliche Drainage der Wege durch eine hohe Steinlage und die Auffuhr von grobem Kies. Bei vermoosten Wiesen wird neben Drainage eine Kalidüngung die besten Dienste leisten. Wenn Obstbäume auf solchen Wiesen stehen, kriecht meist das Moos an der Stammbasis in die Höhe. In solchen Fällen kratze man mit Drahtbürsten oder einem Eisen die alten Borkenschuppen sammt dem Moose sorgfältig ab und gebe der gereinigten Rinde einen Kalkanstrich oder reibe dieselbe mit einer Mischung von 1 Pfd. Pottasche auf 15 l Wasser ab.

Gegen den Schachtelhalm oder Duwock (Kohdod) (Equisetum) ist mit Vortheil das Chlorcalcium zur Anwendung gelangt. Auf einer sehr nassen Wiese wurde von Oktober bis Februar allwöchentlich eine Chlorcalciumlösung bei offnem Wetter mit einer Gießkanne und Brause aufgegossen und im Frühjahr war der Schachtelhalm verschwunden, während er auf den Parallelparzellen üppig wieder erschienen war.[1]) Das vorhandene Gras wurde allerdings durch das Chlorcalcium schwarz, schlug aber im Frühjahr sehr üppig wieder aus; ebenso entwickelte sich der Klee sehr üppig. Ich vermuthe, daß hier sowohl wie bei der Kalidüngung vermooster Wiesen eine hoch concentrirte Nährlösung geschaffen wird, welche diesen Unkräutern schädlich ist.

b) Die Quecke.

Die häufigste Plage des Landwirths dürfte die Quecke (Agropyrum repens) sein. Die empfohlenen Mittel wenden sich entweder nach der Richtung, dem Unkraut die Ernährungsverhältnisse so zu gestalten, daß seine Entwicklung gegenüber den Kulturpflanzen zurückbleibt, oder aber man versucht eine möglichst vollständige, mechanische Entfernung. Je nachdem die verqueckten Böden schwer oder leicht sind, werden die Kosten der Ausführung solcher Mittel verschieden groß sein und in speziellen Fällen also bald das eine Vertilgungsverfahren, bald ein anderes vortheilhafter erscheinen.

Eine Aenderung der Ernährungsverhältnisse bezweckt der Vorschlag, den Acker sehr stark zu düngen und (auch auf leichtem Boden) Raps zu säen. Der Raps wird dann eingeackert, sobald er den Boden vollständig gedeckt und damit seinen Zweck erfüllt hat, den Quecken Luft und Licht zu entziehen.

Ein anderes Erstickungsverfahren besteht in der Aussaat von Mischfutter,

[1]) Landwirthsch. Annal. d. patriot. Mecklenburg. Ver. 1878, Nr. 13.

wie z. B. 100 kg Buchweizen und 60 kg Hafer pro Hektar; statt Buchweizen nimmt man auch Wicke zum Hafer.

Verqueckte Brachfelder überfahre man bald nach der Zeit der Ernte stark mit Mist, pflüge denselben nicht zu tief unter, egge glatt ab und säe eine schnell wachsende Frucht, wie Senf oder Spörgel u. dgl. Sobald der Boden gut gedeckt ist, wird zur Winterfrucht eingeackert; diese ist dann im Stande, die geschwächte Quecke zu überwachsen. Wenn die Methode im Stoppelfelde angewendet wird, kann man noch eine Grünfutterernte gewinnen. Nach dem Drainiren und Planiren feuchter Böden pflüge man die Stoppeln bei einem verqueckten Winterkornfelde z. B. gleich nach der Ernte bei trocknem Wetter um, egge die frische Krume ein, wende 2 Ctr. Guano pro Morgen an und säe eine Mischung von 50 Pfd. Buchweizen und 30 Pfd. Hafer, die als Futter vom Rindvieh gern gefressen werden. Nach dem Abernten dieses Herbstgrünfutters wird so tief umgepflügt, als es der Untergrund irgend erlaubt; der Acker bleibt dann während des Winters in rauher Furche liegen.

Die mechanischen Methoden beruhen darauf, den Quecken die nöthige Ruhe, die sie zur Vermehrung brauchen, zu rauben. Das Verfahren von A. Werner[1]) beginnt mit dem Schälen des Ackers mittels des Schälschares. Wird diese Bestellungsart als erste Furche angewendet, so kann man durch fortgesetztes Eggen und dazwischen ausgeführtes Hüten der Schafe die Quecken zum Absterben bringen, worauf eine der Schälscharbestellung folgende, tiefe Pflugfurche mit schmaler Furchenbreite dieselben vollständig tödtet. Wenn nämlich der Schälschar die Köpfe abgeschnitten, legt die darauf folgende Egge mit höchstens zwei Strichen die Quecken soweit bloß, daß sie durch die Sonne vertrocknen. Durch das Ausschlagen der im Acker verbleibenden Stücke der Ausläufer begrünt sich darauf der Acker wieder und nun müssen die Schafe darauf. Die nach dem Abweiden gehenden Eggen reißen den Boden wiederum auf und ermatten die Queckenreste noch mehr, so daß sie bei dem folgenden, tiefen Umackern vollständig ersticken.

Immer unter der Voraussetzung, daß der Boden nicht an stagnirender Nässe leidet, welche natürlich in erster Linie zu beseitigen wäre, empfiehlt sich unter Umständen auch das Niederlegen des Ackerstückes zu Weide. Durch die Weidenutzung wird der Boden fest und dabei die Quecke allmählich bei Jauchezufuhr oder Kalidüngung durch andere Pflanzen ersetzt, welche den festen Boden vertragen, wie Weißklee, Wiesenschwingel, Raygras, Bocksbart u. A. Nach 3—4 Jahren reinigt sich der Boden vollständig; aber das Verfahren dürfte nur auf solchen Gütern Anwendung finden, die mit großen Flächen arbeiten.

Die verbreitetste Methode ist die des fleißigen Bodenaufreißens durch flaches Pflügen und Eggen und dann das Zusammenharken der bloßgelegten

[1]) Fühling's landwirthsch. Zeit. 1880, S. 441.

Pflanzen. Dieses Verfahren wird aber nur dann zum gewünschten Ziele führen, wenn Hackfrüchte oder Haidekorn, Hirse und solche Früchte, welche mehrere Furchen im Frühjahr erhalten, nach dem Sammeln der aufgeeggten Quecken angebaut werden. Geschieht dies nämlich nicht, dann wachsen die durch das Zerreißen so zahlreich im Boden vertheilten Ausläuferstücke bei der zweiten, höchstens dritten Frucht wieder heran und die Plage ist die alte, die Kosten der ersten Arbeit also nutzlos.

Wir dürfen von einer weiteren Aufzählung von Vertilgungsmethoden absehen, da aus den bisher angeführten schon das Prinzip ersichtlich ist. Es besteht in der beständigen Beunruhigung der Quecke durch Bodenlockerung und der auf solche Schwächung der Pflanze folgenden Bestellung des Ackers mit schnellwüchsigen, schattenden Gewächsen, welche die aussprossenden Queckenkeime schließlich ersticken.

c) Wildhafer und Windhalm.

Relativ selten sieht man ein anderes Gras zur Plage der Aecker werden; es ist dies der durch seine Anspruchslosigkeit an Boden und Klima ausgezeichnete Wildhafer (Avena strigosa). Grade dadurch erlangt er auf magerem Boden ein Uebergewicht über die Kulturpflanzen und man wird ihn daher am besten durch Düngerzufuhr und Rapsbau oder Anbau von Hackfrucht, Futterpflanzen oder Winterhalmfrucht beseitigen können. Sommerhalmfrucht und Hülsengewächse sind zu vermeiden. Dasselbe gilt für Windhalm (Apera Spica venti).

Auf jung aus Bruchboden hergestellten Wiesen und Aeckern wird auch bisweilen das Schilfrohr (Phragmites communis L.) unbequem. In solchem Falle ist nur auf gute Drainage zu sehen; bei fleißiger Bearbeitung und Düngung verliert sich das Schilf von selbst.

d) Herbstzeitlose.

Manche feuchte Wiesen leiden an der Herbstzeitlose (Colchicum autumnale), die durch ihre Blätter, Blumen und Samen schädlich wird. Bei spärlichem Vorkommen kann man die Pflanze einfach ausstechen; aber da, wo sie heerdenweis auftritt, könnte man nur durch Umbrechen des Ackers Herr des Unkrautes werden. Wenn dies nicht thunlich ist, muß man zu einem langsamer wirkenden Verfahren seine Zuflucht nehmen. Man beginne nämlich einige Jahre hindurch möglichst frühzeitig mit der Heuernte. Wenn das Gras vor dem Zeitpunkte der Samenreife von Colchicum geerntet wird, so wird erstens verhindert, daß keimfähige Samen sich aussäen können; ferner aber wird der Zwiebel auch der Blattapparat so frühzeitig genommen, daß sie nicht genügend Reservestoffe speichern kann und in Folge dessen geschwächt wird. Bei mehrfacher Wiederholung in den folgenden Jahren geht die etwa 6 Jahre alt

werdende Zwiebel schließlich an Entkräftung zu Grunde. Eine bedeutende Schwächung erfährt auch die Pflanze schon durch ein consequent für einige Jahre durchgeführtes Ausreißen der Blumen; besser indeß ist es, den Zwiebeln zur Zeit der Ausbildung der jungen Brut, im Mai, seine Aufmerksamkeit zu schenken und das ganze Blattwerk recht tief am Boden anzufassen und herauszureißen.

e) Sauerampfer.

Unter den dicotylen Unkräutern ist der Sauerampfer (**Rumex Acetosella**) eines der unangenehmsten; er zeigt nach einer ziemlich allgemein verbreiteten Ansicht das Vorhandensein größerer Mengen schädlicher Eisensalze im Boden an. In erster Linie wird auch hier die Entwässerung des Ackers am Platze sein, um eine gute Bodendurchlüftung zu erzielen. Wenn man dann reichlich Kalk zuführt, so würde derselbe den Eisensalzen die Säure (Schwefel-, Humus- oder Kohlensäure) entziehen und die Basis als Eisenoxydulhydrat zur Abscheidung bringen. Bei gut durchlüftetem Boden oxydirt dasselbe zu dem unschädlichen Eisenoxydhydrat. Wenn dann der Acker in guten Düngungszustand kommt, verschwindet der Sauerampfer.

f) Das Frühlingskreuzkraut.

Ein großes Contingent an Unkräutern liefert die Familie der Compositen. Die zeitweise auftretende Ueberschwemmung einzelner Gegenden mit Gliedern dieser Familie erklärt sich aus der meist sehr leichten Verbreitung der Samen durch ihren Federkelch. Es bedarf also nur einer guten Ausbildung der zahlreichen Samen in einem Jahre, um die Möglichkeit starker Verbreitung nahe zu legen. Wer erinnert sich nicht noch der großen Besorgnisse, welche das Frühlingskreuzkraut (Senecio vernalis W. K.) den Landwirthen eingeflößt hatte. Hier trug außer der Leichtigkeit der Früchte und dem sehr großen Federkelch auch noch die Beschaffenheit der Samenschale zur Verbreitung bei. Die Epidermis dieser Schale ist mit kurzen, borstenförmigen Haaren besetzt, in deren zwei langgestreckten Zellen sich Streifen einer sehr quellungsfähigen Substanz befinden. Bei Befeuchtung öffnet sich das Haar an der Spitze, aus der nun zwei gedrehte Schleimfäden hervorquellen. Die ganze Achäne wird durch diesen Vorgang mit einem Schleimüberzuge versehen und durch denselben festgeklebt. Das erst zu Anfang dieses Jahrhunderts von Osten her eingewanderte Unkraut ist besonders schädlich, da es der Träger eines Pilzes (Coleosporium Senecionis) ist, der von R. Wolff durch Aussaat der Sporen eines andern, den Kiefern schädlichen Pilzes (Aecidium Pini) künstlich erzeugt worden. Damit war der Nachweis geliefert, daß dieser auf Senecio vorkommende Rost ein stets lauernder Feind der Kiefernpflanzen ist.

g) Wucherblume und Franzosenkraut.

Ein anderer Einwanderer, der stellenweis sich als Unkraut derart ausgebreitet, daß umfassende Polizeiverordnungen betreffs der Vertilgung erlassen werden mußten, ist das Franzosenkraut oder die Galinsoga (Galinsogaea parviflora Cav.), welches aus Peru zu uns gekommen. Es schließt sich daran die Saatwucherblume (Chrysanthemum segetum L.), welche sich nicht im Winterkorn vorfindet, da die im Herbst auflaufenden Pflänzchen erfrieren. Durch zeitweise Vermeidung des Anbaues von Sommerkorn und Ersatz desselben durch Futterpflanzen auf den befallenen Aeckern wird sich das Unkraut verlieren.

h) Distelarten.

Sehr schwer zu vertilgen sind die Disteln, über welche schon am Eingange des Capitels gesprochen worden ist. Die Sämlinge auf Feldern sind leichter zu bewältigen. Ein sofortiges, flaches Umbrechen des Ackers nach dem Aberntén veranlaßt nach einem stärkeren Regen ein Aufgehen der Samen. Wenn nach der Begrünung des Feldes wiederum ein flaches und später ein tiefes Pflügen stattfindet, werden die jungen Pflanzen vernichtet. Die Ausrottung der alten Pflanzen wird wohl am besten durch Hackfruchtbau erzielt.

i) Hederich.

Wir kommen zum Hederich. Es geht unter dieser Bezeichnung sowohl eine durch ihre blaßgelbe Blumenkrone und anliegenden Kelchblätter charakterisirte Pflanze Raphanistrum Lampsana Gaert. (Raphanus Raphanistrum L.) als auch der durch seine gesättigt gelbe Blumenkrone, abstehende Kelchblätter und eine geschnabelte, holperige Schote unterscheidbare Ackersenf (Sinapis arvensis L.). Im Norden kommt auch noch die wilde Pflanze unseres Rübsens (Brassica Rapa L.) in Betracht. Die wilde Pflanze, die unter dem Namen Brassica campestris L. bekannt, ist einjährig und überwintert aus spät aufgelaufenem Samen, da sie nach Nielsen eine Kälte von 6 ^{0} verträgt, während der Ackersenf der Kälte nicht widersteht. Bei diesen Pflanzen handelt es sich darum, das Samentragen zu verhindern und man wendet in Folge dessen das Jäten soviel als möglich an. Dies geschieht entweder durch Ausziehen der Pflanzen mit der Hand oder auch durch eigens construirte Jätemaschinen. Ueber die Leistungsfähigkeit der verschiedenen Instrumente ist ein bestimmtes Urtheil noch nicht zu fällen, ebensowenig wie über die zum Abrupfen der Hederichblüthen construirten Maschinen, welche z. Th. auf der Zusammenstellung kleiner Rechen zu einer rotirenden Trommel beruhen.

Ich glaube, daß bei dem Hederich sowohl, wie bei den anderen einjährigen Unkräutern (Mohn, Kornblume, Melde, Feldkamille u. s. w.) ein möglichst früh beginnendes Hacken bei trockner Witterung das zuverlässigste Mittel ist. Dies

wird natürlich nur in Hackfruchtschlägen möglich sein. Bei Getreide- und Futterschlägen wird man die Begrünungsmethode zur Anwendung bringen müssen, d. h. man wird den Stoppel flach umbrechen (etwa 10 cm tief), das Aufgehen der Samen abwarten und die jungen Pflänzchen durch eine folgende, möglichst tiefe Wendefurche im Boden ersticken müssen. Daß das erste Aufreißen des Bodens recht flach stattfinden muß, ist darum zu betonen, damit die Unkrautsamen nicht erst in Tiefen gelangen, in denen sie nicht mehr auskeimen, aber unversehrt jahrelang liegen bleiben, bis sie durch spätere Bestellungen wieder an die Bodenoberfläche gezogen werden. Wie bei den Quecken angeführt, wird bei den perennirenden, namentlich den sich durch Ausläufer verbreitenden Unkräutern zunächst ganz besonders die Drainage mit darauffolgendem Hackfrucht- und Futterpflanzenbau zu berücksichtigen sein.

k) Minder gefährliche Unkräuter.

Ein empfehlenswerthes, mit farbigen Abbildungen versehenes Werkchen über Unkräuter hat im Jahre 1881 Thaer geliefert.[1]) Demselben entnehmen wir folgende Rathschläge über einige minder bedeutende Unkräuter. Die Gartenmelde (Atriplex hortense L.) erscheint bei Hackfruchtbau und kann nicht durch Häufeln allein beseitigt werden, weil die Pflanzen die aufgeschüttete Erde durchbrechen; sie kann nur durch Abschaufeln in den Reihen oder, bei größerem Alter, durch Ausziehen mit der Hand vertilgt werden. Reift die Melde erst ihre Samen, so ist der Boden für mehrere Jahre hinaus inficirt; wegen des schnellen Nachreifens der Samen müssen auch die abgerissenen, blühenden Pflanzen vom Acker entfernt werden. Gegen die Ackerwinde (Convolvulus arvensis L.) wird Weidewirthschaft mit Hackfruchtbau empfohlen. Als dem Vieh schädlich wird auch auf die Wolfsmilcharten, namentlich die manchmal einzelne Weideäcker ganz bedeckende Cypressen-Wolfsmilch (Euphorbia Cyparissias Scop.) zu achten sein. Auf der Weide läßt das Vieh in der Regel die Pflanzen stehen und daher produziren dieselben viel Samen; die Gefahr liegt in dem Futtern des gemähten Grases. Die einen lockern Boden vorziehenden Pflanzen sind durch Niederlegung des Bodens zur Weide bald nach der Samung und, auf Wiesen, durch gute Düngung zu vertreiben.

[1]) Die landwirthschaftl. Unkräuter. Berlin 1881. Paul Parey.

Register.

I. Alphabetisches Verzeichniß der gallentragenden Pflanzen.

II. Alphabetisches Verzeichniß der besprochenen Pflanzen, mit Ausnahme der Gallenträger.

III. Sachregister.

Druck von Hermann Beyer & Söhne in Langensalza.